

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICADOS
SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO CONVENCIONAL E
ECOFOSSA**

DANIEL DAMÁSIO VIEIRA
RENAN ANTÔNIO CLEMENTE PINTO

GOIÂNIA
2023

DANIEL DAMÁSIO VIEIRA
RENAN ANTÔNIO CLEMENTE PINTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICADOS
SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO CONVENCIONAL E
ECOFOSSA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
à Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia
Universidade Católica de Goiás, como parte
dos requisitos para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador:

Prof. Me. Viviane Vaz Monteiro

Banca examinadora:

Prof. Me. Marcellus Isaac Lemos Gomes

Prof. Paulo José Mascarenhas Roriz

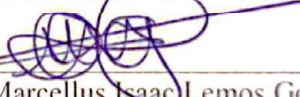
DANIEL DAMÁSIO VIEIRA
RENAN ANTÔNIO CLEMENTE PINTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA
DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO
CONVENCIONAL E ECOFOSSA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em sua forma final pela Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Civil, em 15 / 12 / 2023.



Orientador: Prof. Me. Viviane Vaz Monteiro



Prof. Me. Marcellus Isaac Lemos Gomes



Prof. Esp. Paulo José Mascarenhas Roriz

GOIÂNIA
2023

RESUMO

O tratamento de esgoto é uma questão fundamental para a saúde pública e para o meio ambiente, visto que o descarte inadequado de efluentes pode causar graves impactos ambientais e riscos à saúde humana. Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas e aprimoradas ao longo dos anos para tornar o tratamento de esgoto mais eficiente e sustentável. Esta pesquisa enfatiza a eficácia do sistema de ecofossa em comparação com o sistema tradicional de tratamento de esgoto doméstico em áreas urbanas, reduzindo os impactos negativos decorrentes do lançamento de efluentes não tratados nos corpos d'água. Para tal foi realizado um estudo de caso baseado em um caso no Município de Goiânia com 43 unidades habitacionais, baseado nas normas técnicas da ABNT 7.229/93, 13.969/97, 12.209/2011, 8160/97, 11887/2015 e NT11 do CBM-GO. Contudo os resultados demonstraram em caráter técnico que a ecofossa é superior na remoção de matéria orgânica e no viés financeiro apesar do sistema ser mais caro em uma estimativa a longo prazo torna viável portanto, conclui-se que o sistema de ecofossa é melhor tecnicamente e mais cara a curto prazo, mas considerando a vida útil de 40 anos a análise a longo prazo viabiliza, financeiramente comparado a fossa séptica tradicional.

Palavras chaves: Esgoto doméstico, tratamento, ecofossa, economia.

ABSTRACT

Sewage treatment is a fundamental issue for public health and the environment, as inadequate disposal of effluents can cause serious environmental impacts and risks to human health. Several technologies have been developed and improved over the years to make sewage treatment more efficient and sustainable. This research emphasizes the effectiveness of the eco-septic system in comparison with the traditional domestic sewage treatment system in urban areas, reducing the negative impacts resulting from the discharge of untreated effluents into water bodies. To this end, a case study was carried out based on a case in the Municipality of Goiânia with 43 housing units, based on the technical standards of ABNT 7.229/93, 13.969/97, 12.209/2011, 8160/97, 11887/2015 and NT11 of the CBM -GO. However, the results demonstrated on a technical basis that the eco-septic tank is technically superior in terms of removing organic matter and, in terms of financial aspects, despite the system being more expensive, in a long-term estimate it becomes viable, therefore, we concluded that the eco-septic system is better. Technically, it is more expensive in the short term, but considering the useful life of 40 years we have a long-term analysis that makes it financially viable in comparison to the traditional septic tank.

Key words: Domestic sewage, treatment, eco-septic tank, economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ligação do sistema de esgoto convencional.....	16
Figura 2 - Sistema de Ecofossa.....	19

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Projeção de custos ecofossa x fossa séptica.....	28
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Orçamento Ecofossa.....	26
Tabela 2 – Orçamento Fossa séptica tradicional.....	27
Tabela 3 – Cronograma de desembolso.....	28

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

BRAMAR - *Brazil Managed Aquifer Recharge*

CASAN - (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento S/A)

CBMGO – Corpo de bombeiros Militar do Estado de Goiás

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAE - Departamento de Águas e Esgotos

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

EMG - Estimativa do Material Gradeado

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

NT 11 – Norma Técnica 11

OMS - Organização Mundial da Saúde

PLO – Produção de Lodo

PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SS – Sólido Suspenso

UASB - *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivo geral	13
1.2. Objetivos específicos	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Sistema de tratamento de esgoto doméstico	14
2.1.1. Sistema tradicional	14
2.1.1.1. Vantagens e desvantagens	17
2.1.2. Sistema de Ecofossa	18
2.1.2.1. Vantagens e desvantagens	22
3. METODOLOGIA	23
3.1. Estudo de caso	23
3.1.1. Levantamentos e análises	23
3.1.2. Orçamento e desembolso	23
3.2.1. Dimensionamento	23
3.2.2. Memorial de cálculo	24
3.2.3. Comparativo orçamentário	24
4. RESULTADOS	25
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
7. APÊNDICES	34
7.1. Memorial descritivo do sistema de ecofossa	34
7.2. Memorial de cálculo Fossa Séptica	35
7.2.1. Fossa Séptica Tradicional	35
7.2.1.1. Número de pessoas e unidades de contribuição	35
7.2.1.2. Contribuição de esgoto	36
7.2.1.3. Período de detenção do esgoto	36
7.2.1.4. Taxa de acumulação total de lodo	37
7.2.1.5. Contribuição de lodo fresco	37
7.2.1.6. Volume do tanque séptico (Prismático Retangular)	38
7.2.2. Filtro Anaeróbio	39
7.2.2.1. Tempo de Detenção Hidráulico (TDH)	39
7.2.2.2. Volume do tanque séptico (Prismático Retangular)	40
7.2.3. Sumidouro	41

7.2.3.1	Área útil.....	42
7.2.3.2	Altura útil.....	43
7.2.3.3	Volume.....	43
7.3	Memorial de cálculo Ecofossa	43
7.3.1	Dados Ecofossa.....	43
7.3.1.1	Calculo da Vazão do Condomínio	44
7.3.1.2	Cálculo da carga de DBO e SS	44
7.3.1.3	Concentração da DBO.....	45
7.3.2	Caixa Gradeada	45
7.3.2.1	Cálculo da área útil (Au).....	45
7.3.2.2	Determinação da eficiência da grade (E).....	46
7.3.2.3	Cálculo da área total ou seção de escoamento (S).....	46
7.3.2.4	Cálculo da altura das lâminas d'água no canal	46
7.3.2.5	Cálculo da largura do canal da grade (b).....	48
7.3.2.6	Perda de carga na grade	48
7.3.2.7	Nº estimado de barras	49
7.3.2.8	Espaçamento entre barras externas e as paredes do canal.....	49
7.3.3	Reator Anaeróbio – Ecofossa.....	50
7.3.3.1	Carga hidráulica volumétrica (CHV)	50
7.3.3.2	Cálculo do volume	51
7.3.3.3	Velocidade ascensional (v).....	52
7.3.3.4	Produção de lodo (PLO).....	52
7.3.4	Filtro Anaeróbio.....	52
7.3.4.3	Tempo de Detenção Hidráulico (TDH).....	53
7.3.5.3	Volume.....	55
7.3.5.4	Altura útil.....	55
7.3.6	Sumidouro	55
7.3.6.3	Área útil.....	57
7.3.6.4	Altura útil.....	57
7.3.6.5	Volume.....	57
7.3.7	Determinação da eficiência	57

1. INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto doméstico é uma preocupação crescente nas áreas urbanas, principalmente porque aborda uma das vertentes do saneamento básico, pois a falta de tratamento de esgoto pode causar graves problemas de saúde pública e ambientais.

Muitas cidades brasileiras apresentam um cenário preocupante em relação ao tratamento de esgoto doméstico. Segundo a Organização Mundial da Saúde, a falta de saneamento básico adequado pode levar à contaminação da água potável, que é uma das principais fontes de transmissão de doenças como cólera, leptospirose, hepatite A e febre tifoide (OMS, 2014). Além disso, o despejo de esgoto sem tratamento nos corpos d'água causa danos ambientais significativos, como a poluição da água e o comprometimento da biodiversidade aquática. É fundamental que o tratamento de esgoto seja priorizado e investimentos sejam feitos para que todas as regiões do país possam oferecer serviços de saneamento básico de qualidade à sua população.

De acordo com dados mais recentes disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento o Brasil ainda enfrenta desafios no tratamento de esgoto (SNIS, 2021). Em média, apenas cerca de 55% do esgoto gerado no país passa por algum tipo de tratamento, o que significa que mais da metade do esgoto é despejado diretamente nos corpos d'água sem qualquer tipo de tratamento em Goiás, de acordo com a Agência Nacional de Águas a situação é um pouco melhor, com cerca de 72% do esgoto sendo tratado (ANA, 2021). No entanto, ainda há muito a ser feito para que todas as regiões do país possam oferecer um serviço de saneamento básico de qualidade à sua população.

Para o tratamento de esgoto faz-se importante considerar a resolução 430 estabelecida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2011). Essa resolução estabelece os padrões de qualidade e as condições exigíveis de lançamento de efluentes no meio ambiente. Os dejetos orgânicos provenientes de resíduos alimentares, urina e fezes, bem como produtos químicos como produtos de limpeza e medicamentos e metais pesados provenientes de tintas, lâmpadas, baterias e outros resíduos tóxicos podem prejudicar o solo e contaminar a água. Por isso, é fundamental que o tratamento de esgoto doméstico seja realizado de forma adequada.

De acordo com Cavalcanti (2005, p. 06), existem diferentes tipos de tratamento de esgoto, incluindo o químico, físico e biológico, que em conjunto podem remover os contaminantes. Neste contexto, é importante avaliar a eficiência do tratamento de esgoto doméstico convencional em comparação com outras alternativas, como a Ecofossa.

Uma das opções para o tratamento de esgoto doméstico é o sistema de Ecofossa, que tem ganhado cada vez mais espaço devido à sua eficiência e praticidade.

Muitas regiões ainda enfrentam desafios no fornecimento de serviços de saneamento básico adequados. A falta de tratamento de esgoto pode causar danos ambientais e à saúde pública, como mencionado anteriormente. A adoção de alternativas como a Ecofossa pode ser uma opção mais acessível, sustentável e viável para toda a sociedade, abrangendo diferentes segmentos e camadas da população. É importante avaliar a eficiência dessas alternativas para garantir que elas possam realmente ser uma solução viável para os desafios de tratamento de esgoto doméstico que muitas regiões enfrentam.

1.1. Objetivo geral

Analisar um sistema comparativo entre o tratamento de esgoto doméstico convencional e ecofossa visando demonstrar um diagnóstico de viabilidade econômica e técnica.

1.2. Objetivos específicos

- Implantar um sistema de ecofossa de 43 unidades habitacionais unifamiliares;
- Avaliar o desempenho do sistema convencional de tratamento de esgoto doméstico em relação à ecofossa em termos de eficiência na remoção de contaminantes;
- Identificar os custos de instalação e manutenção de cada sistema de tratamento de esgoto;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica de cada sistema de tratamento de esgoto;
- Identificar as limitações e benefícios de cada sistema de tratamento de esgoto para a população local e o meio ambiente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistema de tratamento de esgoto doméstico

2.1.1. Sistema tradicional

O tratamento de esgoto doméstico é uma questão crucial para a saúde pública e para a preservação do meio ambiente. Embora os tanques sépticos sejam amplamente utilizados em áreas rurais e urbanas é necessário adotar medidas adicionais para assegurar a adequada disposição dos efluentes líquidos tratados.

Com o aumento da densidade demográfica, é importante garantir que os sistemas de tratamento de esgoto doméstico sejam capazes de lidar com as sobrecargas e manter ou melhorar a qualidade dos efluentes destinados aos mananciais, seguindo as normas estabelecidas pelo CONAMA (430,2011).

A utilização de sistemas de tratamento de esgoto doméstico tradicionais em conformidade com as normas técnicas é essencial para assegurar a eficácia do processo de tratamento e para contribuir para a preservação do meio ambiente e a saúde pública.

Algumas referências relevantes quando se trata de tratamento de esgoto doméstico são caracterizadas por tanques sépticos, dimensionamento do sistema, critérios de construção, manutenção, operação e instalação dos tanques e o procedimento para a disposição final dos efluentes.

A NBR 7.229 define os critérios para o projeto, construção e operação de tanques sépticos. Estabelece critérios para sistemas com uma vazão de até 10 metros cúbicos por dia, incluindo os sistemas de tanques sépticos e outros sistemas de tratamentocompactos (ABNT NBR, 1993).

Enquanto a NBR 13.969 (1997) estabelece objetivo de garantir a qualidade do tratamento dos efluentes líquidos provenientes dos tanques sépticos, disposição adequada dos efluentes tratados e dos resíduos gerados durante o processo de tratamento. Ela abrange aspectos como o dimensionamento das unidades de tratamento, os requisitos de desempenho, as diretrizes para a disposição dos efluentes líquidos tratados e a gestão adequada do lodo de fossas sépticas. A NBR 12.209 (2011) estabelece os requisitos para o projeto, construção e operação de sistemas de tratamento complementar do sistemas de tanques sépticos e para a disposição final dos efluentes líquidos tratados em áreas urbanas.

De acordo com a CASAN (2016) na Figura 1, o sistema de esgoto convencional inicia-se pela utilização dos pontos de esgoto em uma residência, como pias, chuveiros e tanques, as águas residuais são direcionadas para a caixa sifonada. A caixa sifonada é uma estrutura projetada para reter e acumular água em seu interior, através de um dispositivo chamado sifão. Esse sifão cria uma barreira de água que impede o retorno de odores desagradáveis do sistema de esgoto para o ambiente interno. Além disso, a caixa sifonada possui uma tampa removível, permitindo o acesso para limpeza e inspeção do sistema.

A partir da caixa sifonada, o esgoto flui para a caixa de passagem. A caixa de passagem é uma estrutura intermediária no sistema de esgoto, projetada para receber o esgoto proveniente de diferentes tubulações e direcioná-lo para o próximo estágio do sistema. Essa caixa de passagem permite a inspeção e limpeza do sistema, além de facilitar a conexão de diferentes trechos da tubulação.

Após a caixa de passagem, o esgoto segue para o sub-coletor. Esse é uma tubulação que coleta o esgoto proveniente de várias caixas de passagem. Ele atua como um canal principal, reunindo e direcionando o esgoto para a próxima etapa do sistema. Durante o trajeto pelo sub-coletor, a tubulação pode contar com curvas, conexões e declives para garantir o fluxo adequado do esgoto e evitar obstruções.

Antes de chegar à caixa de inspeção, o esgoto passa por uma válvula de retenção. A válvula de retenção para esgoto é um dispositivo que permite que o esgoto flua em apenas uma direção. Ela evita o retorno do esgoto para o sistema anterior, mantendo o fluxo em uma única direção após passar pela válvula de retenção, o esgoto continua seu caminho até a caixa de inspeção, onde seguirá para a rede coletora da empresa de saneamento do município.

Figura 1- Ligação do sistema de esgoto convencional.



Fonte: Casan, 2016.

Segundo Marcos Von Sperling em sua obra "Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias" (1995), o sistema de esgotamento sanitário é responsável pela coleta, transporte e disposição final dos esgotos sanitários gerados nas residências e demais edificações. O objetivo principal é proteger a saúde pública, garantindo o afastamento dos efluentes das habitações e dos ambientes urbanos, eliminando a proliferação de vetores e a disseminação de doenças de veiculação hídrica, segundo a norma NBR 8160, as responsabilidades do cidadão é fornecer as diretrizes básicas do empreendimento e estabelecer as diretrizes orçamentárias para que o contratado possa dar seguimento ao projeto (ABNT NBR, 1997).

Não obstante, nessa mesma obra o esgoto doméstico é definido como "o efluente líquido proveniente das atividades domésticas, tais como banho, lavagem de roupa, louça e outros utensílios, preparação de alimentos e descarga de sanitários". Esses efluentes contêm uma grande quantidade de matéria orgânica, nutrientes e patógenos, que são altamente poluentes e prejudiciais à saúde pública e ao meio ambiente se não forem adequadamente tratados.

Um estudo publicado por Oliveira de Ávila (2018) avaliou um sistema de tratamento de esgoto com a utilização de tanques sépticos e sumidouros. Os resultados

mostraram que, embora os tanques sépticos e sumidouros tenham um bom desempenho na remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica, eles não são tão eficientes na remoção de DBO.

Reinaldo et al. (2012) comparou dois sistemas de tratamento de esgoto, o tanque séptico com filtro anaeróbio e o UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente). Os resultados mostraram que ambos os sistemas foram eficazes na remoção de matéria orgânica e nutrientes, mas o UASB apresentou um desempenho superior na remoção de nutrientes, enquanto o tanque séptico com filtro anaeróbio foi mais eficiente na remoção de sólidos suspensos.

A composição do esgoto doméstico pode variar dependendo de diversos fatores, como a densidade populacional, a época do ano e o estilo de vida da população. No entanto, em geral, o esgoto doméstico é composto por cerca de 99,9% de água e o restante é composto por matéria orgânica (como fezes, urina e restos alimentares), materiais inorgânicos (como areia e poeira), produtos químicos (como produtos de limpeza e medicamentos) e micro-organismos patogênicos (como bactérias, vírus e protozoários) (VON SPERLING, 1995).

2.1.1.1. Vantagens e desvantagens

Para TCHOBANOGLIOUS, et al. (2003) são citadas as vantagens e desvantagens do sistema tradicional de esgoto.

As vantagens se remetem:

- Remoção de poluentes e patógenos, protegendo a saúde pública e o meioambiente;
- Possibilidade de recuperação de recursos, como nutrientes, para reutilização na agricultura;
- Redução do impacto negativo no ambiente aquático receptor;
- Possibilidade de geração de energia a partir do biogás produzido no tratamento;
- Adequação aos padrões regulatórios e normativos;
- Possibilidade de reuso do efluente tratado para fins não potáveis;
- Flexibilidade em relação ao tamanho das unidades de tratamento, permitindo adaptação a diferentes demandas;

- Compatibilidade com outras tecnologias de tratamento, como tratamento de lodo e desinfecção;
- Redução da carga orgânica e consequente diminuição de odores e proliferação de insetos e roedores;
- Possibilidade de redução dos custos a longo prazo em relação a outras tecnologias de tratamento.

E as desvantagens descritas como:

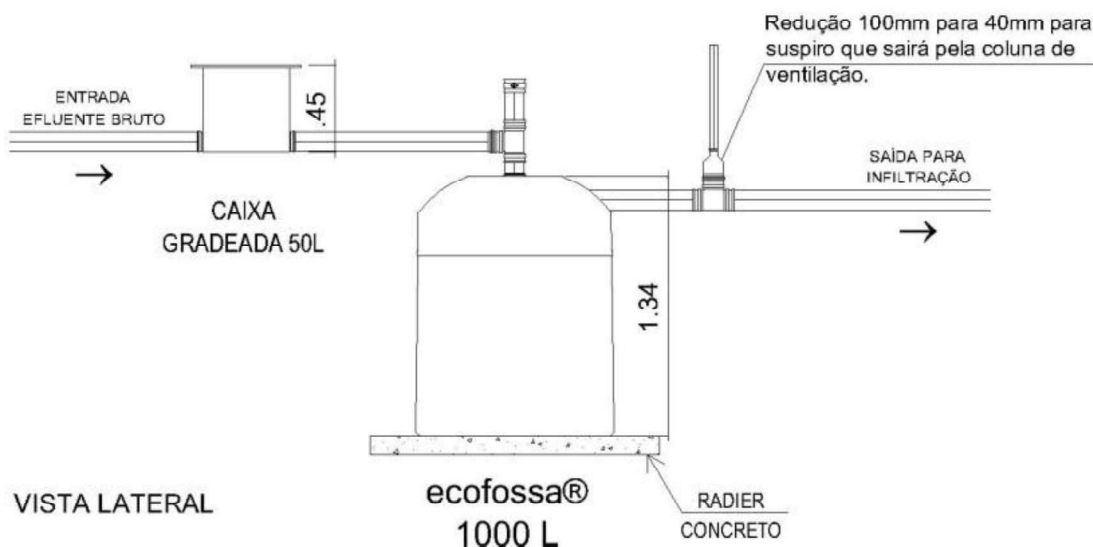
- Requer grande área para a construção de estações de tratamento;
- Pode causar impacto ambiental negativo, especialmente quando a estação de tratamento é mal operada ou mantida;
- Pode gerar odores e gases tóxicos se o tratamento não for adequado;
- Pode ser afetado por eventos climáticos extremos, como enchentes, que podem levar à sobrecarga da estação de tratamento;
- Pode ser caro para operar e manter, especialmente para municípios com recursos limitados;
- Pode haver desigualdades no acesso a sistemas de tratamento em áreas remotas ou de baixa densidade populacional;
- Pode ocorrer poluição difusa no meio ambiente devido a vazamentos em sistemas de esgoto ou conexões ilegais;
- Pode haver o risco de falhas no sistema de tratamento, o que pode levar à liberação de efluentes não tratados no meio ambiente;
- Pode haver a necessidade de constantes atualizações e melhorias para manter os padrões de qualidade de efluentes; e
- Pode ser necessário lidar com problemas de conflito com a propriedade privada ao instalar redes de esgoto em áreas urbanas consolidadas.

2.1.2. Sistema de Ecofossa

A Ecofossa é um sistema de tratamento de esgoto que utiliza tecnologias de reator anaeróbico tipo UASB e reator anaeróbico de fluxo ascendente em leito fixo. Essas tecnologias maximizam a ação de bactérias no tratamento de esgoto, tornando o processo altamente eficiente e ecologicamente correto. A Ecofossa não utiliza energia elétrica ou quaisquer produtos químicos, o que a torna uma solução ainda mais sustentável. É um sistema de tratamento de esgoto que utiliza um tanque subterrâneo de fibra de vidro que permite a filtração e a decomposição do esgoto por meio de bactérias anaeróbias.

Dessa forma, a ecofossa pode tratar eficientemente o esgoto doméstico, sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura e com baixocusto de manutenção (ECOFOSSA, 2023).

Figura 2 - Sistema de Ecofossa.



Fonte: Ecofossa, 2023.

O tratamento da ecofossa tem como objetivo melhorar a qualidade do efluente e garantir que este esteja em conformidade com as normas ambientais e sanitárias. Para isso, são utilizadas técnicas adicionais de tratamento. A disposição final dos efluentes tratados é realizada de forma segura, evitando a contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas.

Comparando com o sistema tradicional de tratamento de esgoto, que é realizado em Estações de Tratamento de Esgoto - ETE, o sistema de ecofossa apresenta vantagens significativas, como a não necessidade de uso de energia elétrica para funcionar, baixo custo de manutenção e ocupação de menor espaço físico (ECOFOSSA, 2023).

O manual da Fundação Nacional de Saúde destaca a importância do tratamento de esgoto doméstico na prevenção de doenças, defende a implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água, traz benefícios significativos para a saúde pública e as condições de vida da comunidade. Isso inclui o controle e prevenção de doenças, a promoção de hábitos higiênicos, o desenvolvimento de esportes e a melhoria da limpeza pública. Além disso, os serviços de abastecimento de água contribuem para o conforto e a segurança coletiva, como a instalação de sistemas de combate a incêndios (FUNASA 2019).

A ecofossa é um sistema que atende às exigências da NBR 7229, sendo uma opção segura e eficaz para o tratamento de esgoto doméstico (ABNT NBR, 1993). O sistema também foi desenvolvido de acordo com os padrões de qualidade e normas técnicas e diretrizes do PROSAB (1999) e da FUNASA (2006), o que garante sua eficiência e segurança. Os sistemas são dimensionados de acordo com o número de usuários e o tipo de solo local, o que garante a personalização e à adequação ao ambiente em que será instalada.

Existem várias opções para o tratamento de esgoto doméstico, incluindo o sistema tradicional de tanques sépticos e sumidouros, bem como a tecnologia mais recente conhecida como ecofossa. Muitos estudos têm sido realizados para comparar o desempenho desses sistemas e avaliar sua eficiência na remoção de poluentes e na proteção do meio ambiente.

Por outro lado, de acordo com Von Sperling (1995), a ecofossa tem demonstrado um desempenho superior ao tanque séptico tradicional na remoção de matéria orgânica e nutrientes. Esse sistema utiliza um recipiente com camadas de resíduos orgânicos, como casca de coco e serragem, para promover a decomposição da matéria orgânica presente no esgoto.

DAE (2019) avaliou o desempenho de uma instalação de tratamento de esgoto residencial com sistema Ecofossa, resultados mostraram que a ecofossa apresentou uma eficiência superior comparado ao sistema tradicional de tanques sépticos e sumidouros na remoção de matéria orgânica e nutrientes. Além disso, a ecofossa também mostrou uma redução significativa na geração de odores, que é um dos principais problemas enfrentados pelo sistema tradicional de tanques sépticos e sumidouros.

Brasil em parceria com a Alemanha, para fins de pesquisa do Projeto Bramar (2015) analisou a eficiência de um sistema de tratamento de esgoto com uso de filtro anaeróbio e *wetland* construído. Os resultados mostraram que a combinação desses dois sistemas foi capaz de remover até 90% da carga orgânica presente no esgoto. No entanto, a ecofossa mostrou uma eficiência ainda maior na remoção de poluentes orgânicos.

O estudo realizado por Andrade Neto (2016), que avaliou a eficiência da ecofossa em áreas rurais, mostrou que o sistema apresenta bons resultados no tratamento de esgoto doméstico, com remoção de até 80% da carga orgânica.

Outro estudo apontado por Mendes et al. (2018) comparou a eficiência da ecofossa com o sistema tradicional de tratamento de esgoto em uma área rural do estado de Minas Gerais. Os resultados indicaram que a ecofossa apresentou um desempenho semelhante ao sistema tradicional, com uma remoção de até 99% da matéria orgânica presente no

esgoto.

Outra vantagem da ecofossa é a possibilidade de reutilização do efluente tratado para fins não potáveis, como a irrigação de jardins e plantações. Segundo Silva et al. (2019), o efluente tratado pela ecofossa apresenta uma qualidade compatível com a utilização para fins agrícolas, desde que sejam respeitadas as normas e padrões de qualidade estabelecidos pela legislação ambiental.

No entanto, é importante destacar que a eficiência da ecofossa depende de alguns fatores, como o tamanho do tanque e a frequência de limpeza do lodo acumulado. De acordo com Carvalho et al. (2017), a limpeza da ecofossa deve ser realizada regularmente, a cada 1 a 3 anos, dependendo da capacidade do tanque e do número de usuários do sistema.

Mediante aos estudos apresentados, destaca-se que a ecofossa é uma opção eficiente, segura e de baixo custo para o tratamento de esgoto doméstico em áreas urbanas o limite de usuários atendidos por uma ecofossa pode variar dependendo de vários fatores, incluindo as normas e diretrizes locais, as características do solo e o tipo de sistema de tratamento utilizado. Não há um número fixo ou padrão universalmente. Além de atender às exigências da legislação brasileira, a ecofossa ser uma opção mais eficiente e sustentável para o tratamento de esgoto doméstico, em comparação com o sistema tradicional de tanques sépticos e sumidouros. A ecofossa tem um desempenho superior na remoção de matéria orgânica e nutrientes, além de reduzir a geração de odores e gerar um produto final que pode ser reutilizado na agricultura.

2.1.2.1. Vantagens e desvantagens

Ecofossa (2023) retrata vantagens para se utilizar :

- Fácil instalação: além de mais barata, a Ecofossa vem acompanhada dos manuais e croquis de todas as etapas. A fossa séptica requer mais gastos e mais tempode mão de obra;
- Economia de água: nos dias atuais ter essa atitude é essencial para a manutenção do dia a dia na casa e bem estar de todos. A Ecofossa ajuda a disponibilizar água tratada para regar o jardim e lavar a varanda e garagem;
- Vida útil: a Ecofossa dura mais de 40 anos. A fossa comum dura metade desse tempo, sem contar o custo de todas as manutenções necessárias para que ela continue funcionando.
- Não requer produtos químicos.
- Dispensa produtos químicos: mais economia. A Ecofossa não usa qualquer tipo de produto químico, uma vez que maximiza a ação de bactérias.

CHERNICHARO (1997) complementa ainda desvantagens para utilizar ecofossa em comparação com reator UASB:

- Remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória;
- Produção de efluente com aspecto desagradável e usualmente com qualidade insuficiente para atender os padrões ambientais. Em decorrência, alguma forma de pós-tratamento é normalmente necessária;
- Possibilidade de distúrbios devido a choques de carga orgânica e hidráulica, presença de compostos tóxicos ou ausência de nutrientes;
- A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas;
- A partida do processo pode ser lenta, na ausência de lodo de semeadura adaptado;
- Possibilidade de geração de maus odores e de problemas de corrosão, porém controlis.

3. METODOLOGIA

3.1. Estudo de caso

Para o desenvolvimento da metodologia da pesquisa levou-se em consideração as normas técnicas 7.229 (ABNT NBR, 1993), a 13969 (ABNT NBR, 1997) a 12.209 (ABNT, 2011), a 11887 (ABNT NBR, 2015), a NT 11 do corpo de bombeiros militar do Estado de Goiás (CBM-GO) e a pesquisa Jordão & Pessoa 2005.

A pesquisa tem ênfase na reiteração da eficácia do sistema de ecofossa em comparação ao sistema tradicional de tratamento de esgoto doméstico em áreas urbanas

Para análise técnica e econômica, foi feito o dimensionamento dos sistemas de tratamento de esgoto, a ecofossa e a fossa séptica para um condomínio de alto padrão de 43 casas unifamiliares, na cidade de Goiânia, no qual foi considerado 6 pessoas por residência, totalizando uma população local de 258 habitantes mais uma população flutuante de 200 pessoas.

3.1.1. Levantamentos e análises

Os levantamentos foram obtidos a partir do projeto de arquitetura das 43 unidades habitacionais e mediante análises baseadas em normas, literaturas e artigos científicos, realizaram-se os dimensionamentos e as análises presentes e fluxo futuro.

3.1.2. Orçamento e desembolso

Após os levantamentos e análise dos dados, foram apurados a questão orçamentária e o custo total do sistema, assim como também o desembolso para manutenções do sistema em questão na sequência foi realizado um comparativo com mesmo sistema tradicional com parecer técnico e financeiro sobre todas as eventualidades que o acercam.

3.1.3. Softwares

Utilizou-se o software AutoCAD para realizar os detalhamentos a partir do projeto e o software excel para fazer a orçamentação, cronograma de desembolso e análise de dados do sistema comparativo.

3.2.1. Dimensionamento

O dimensionamento dos sistemas da ecofossa quanto do tradicional de tratamento de esgoto doméstico foram realizado de acordo com os seguintes dados:

- número de contribuintes de 6 pessoas por unidade habitacional, com uma contribuição diária de 160L/h, um volume considerado com padrão médio
- tempo de detenção hidráulica de 12 horas para a fossa séptica e 8 horas para a ecofossa
- coeficiente máximo de vazão horaria (K2) de 1,5; (K1) de 1,2; e (K3) de 0,5;
- produção média de lodo adotado 15 g/hab.dia; e
- temperatura mais baixa anual de 15° C devido ao clima predominante ser tropical.

3.2.2. Memorial de cálculo

Este documento é fundamental para garantir a qualidade e segurança da obra, pois permite verificar se as soluções adotadas estão de acordo com as normas técnicas e requisitos do projeto.

O memorial elaborado no decorrer do projeto reflete todas as alterações e ajustes que foram feitos durante o processo de desenvolvimento do projeto, de forma a apresentar uma visão completa e precisa das soluções adotadas (apêndice 1) conforme normas técnicas já pontuadas.

3.2.3. Comparativo orçamentário

Após a conclusão do dimensionamento e do Memorial de Cálculo do projeto, foram realizadas análises orçamentárias para validar a solução escolhida em termos de qualidade técnica e de custos.

O objetivo desta análise é verificar se a solução escolhida é viável economicamente, e se ela atende aos requisitos técnicos e normativos do projeto. Dessa forma, foi possível avaliar e validar a que oferece a melhor relação custo-benefício, sem comprometer a qualidade e segurança.

O comparativo orçamentário foi considerado os custos dos equipamentos do sistema, estimando com precisão, levando em conta as características específicas do projeto, para garantir a confiabilidade da análise.

Após a análise dos dois sistemas, foram realizados comparativo técnico com sugestões personalizadas de aplicabilidade no condomínio em questão, bem como a opção mais eficiente e sustentável para o tratamento de esgoto doméstico.

4. RESULTADOS

A técnica no âmbito do sistema proposto, os resultados obtidos evidenciam que a ecofossa desempenha um papel significativo, contribuindo com aproximadamente 81% na remoção da carga orgânica presente no esgoto, a fossa séptica tradicional 50%. Este valor se alinha com o estudo realizado por Andrade Neto (2016), que avaliou a eficiência da Ecofossa em áreas rurais, mostrou que o sistema apresenta bons resultados no tratamento de esgoto doméstico, com remoção de até 80% da carga orgânica, mantendo-se dentro da faixa de eficiência já comprovada para o tratamento de efluentes.

Ao mesmo tempo, o filtro anaeróbio complementa esses processos, adicionando uma remoção de 10% a 15%. Essa combinação se mostra promissora, garantir uma eficiência global satisfatória de até 96% na purificação dos resíduos no sistema de ecofossa, conforme constatado em outro estudo apontado por Mendes et al. (2018) comparou a eficiência da ecofossa com o sistema tradicional de tratamento de esgoto em uma área rural do estado de Minas Gerais. Os resultados indicaram que a ecofossa apresentou um desempenho semelhante ao sistema tradicional, com remoção de até 99% da matéria orgânica presente no esgoto.

Adicionalmente, além da eficiência na purificação dos resíduos, outro destaque do sistema é sua capacidade de reutilização do efluente tratado para fins não potáveis, como a irrigação de jardins, plantações ou até mesmo a lavagem de carros e de garagens. Estudos conduzidos por Silva et al. (2019) ratificam essa perspectiva, enfatizando que o efluente proveniente da ecofossa apresenta uma qualidade compatível, também para uso na agricultura, desde que esteja em conformidade com as normas e padrões ambientais estabelecidos. Isso ressalta a relevância não apenas da eficiência na remoção de poluentes, mas também da viabilidade de utilização sustentável do efluente tratado, contribuindo para práticas agrícolas que seguem diretrizes ambientais estabelecidas.

Os resultados obtidos destacaram a necessidade de adotar tanques horizontais devido à altura dos mesmos, evitando risco de contaminação do lençol freático. A configuração horizontal possibilitou a instalação dos tanques em uma profundidade segura, mantendo uma distância mínima de 1,5 metros em relação ao lençol freático, conforme NBR 13969/97.

A escolha do diâmetro de 15 metros foi uma medida estratégica para reduzir a profundidade do sumidouro, evitando a aproximação excessiva com o lençol freático. Esta decisão foi fundamentada na premissa de garantir uma distância segura entre o fundo do sumidouro e o lençol freático, mitigando os riscos de contaminação do aquífero.

Quanto à Ecofossa, a opção pelo sumidouro cilíndrico permitiu reduzir o espaço ocupado, solucionando parcialmente a desvantagem da ecofossa em relação à fossa

tradicional no que diz respeito à ocupação de área.

Isso ressalta não apenas a eficiência na remoção de poluentes, mas também a viabilidade de práticas sustentáveis, contribuindo para a preservação do meio ambiente e para o desenvolvimento de estratégias que seguem diretrizes ambientais estabelecidas. A ecofossa, ao adotar uma abordagem ecologicamente sensata, não apenas trata os resíduos, mas transforma em recursos benéficos, sustentando uma integração equilibrada com o meio ambiente.

A análise financeira entre a ecofossa e a fossa séptica tradicional revela diferenças financeiras notáveis. Inicialmente, a instalação da ecofossa representou um custo cerca de 40% superior ao da fossa séptica tradicional, principalmente devido à tecnologia mais avançada empregada.

Tabela 1 – Orçamento Ecofossa

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	VLR. UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
1.0	BIODIGESTOR				54.145,49
1.1	TANQUE ECOFOSSA 12.000 LITROS	un.	2	25.000,00	50.000,00
1.2	CAIXA DE GRADEAMENTO CILÍNDRICA - 250 LITROS	un.	1	1.624,00	1.624,00
1.3	TUBO DE PVC DE 100 E 40MM	m	12	23,29	279,48
1.4	JOELHOS E T'S DE 90°	un.	8	6,89	55,12
1.5	CAPS DE 100MM	un.	3	8,39	25,17
1.6	BASE DE CONCRETO	m²	5,5	393,04	2.161,72
2.0	FILTRO ANAEROBIO				19.875,91
2.1	ESCAVAÇÃO E CARGA MECANIZADA EM SOLO	m³	87,6	16,42	1.438,39
2.2	LASTRO DE PEDRA BRITADA	m²	1,8	112,07	201,73
2.3	ANEL MOLDADO DE CONCRETO COM DIÂMETRO DE 5,5 M	pc	6	1.400,00	8.400,00
2.4	TUBO PVC RÍGIDO, JUNTA ELÁSTICA, TIPO VINILFORT, DN= 100 MM, INCLUSIVE CONEXÕES	m	12	23,29	279,48
2.5	TUBO PVC RÍGIDO, JUNTA ELÁSTICA, TIPO VINILFORT, DN= 150 MM, INCLUSIVE CONEXÕES	m	16	34,27	548,32
2.6	TAMPÃO DE CONCRETO PARA FILTRO ANAEROBIO - 5,5 M	pc	1	1.486,59	1.486,59
2.7	IMPERMEABILIZAÇÃO COM CIMENTO CRISTALIZANTE PARA UMIDADE E ÁGUA DE PERCOLAÇÃO	m²	81,6	11,28	920,45
2.8	REATERRO MANUAL APILOADO SEM CONTROLE DE COMPACTAÇÃO	m³	18,8	10,86	204,17
2.9	TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª. E 2ª. CATEGORIA POR CAMINHÃO PARA DISTÂNCIAS SUPERIORES	m³	72,6	6,88	499,49
2.10	PREPARO CONCRETO FCK-15 C/BETON.	m³	5	393,04	1.965,20
2.11	DRENO COM PEDRA BRITADA	m³	61,2	64,25	3.932,10
3.0	SUMIDOURO				41.731,42
3.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS PROF.4 M	m³	712	27,00	19.228,32
3.2	REATERRO COM APILOAMENTO	m³	142	36,71	5.228,61
3.3	APILOAMENTO	m²	22	34,44	757,68
3.4	LASTRO DE BRITA	m²	2,81	120,00	337,20
3.5	PREPARO CONCRETO FCK-15 C/BETON.	m³	1,78	393,04	699,61
3.6	BRITA Nº3	kg	15	232,00	3.480,00
3.7	ANEL MOLDADO DE CONCRETO COM DIÂMETRO DE 15,0 M	pc	4	3.000,00	12.000,00
VALOR TOTAL GERAL					115.752,82

Fonte: Os autores (2023)

Tabela 2 – Orçamento Fossa séptica tradicional

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QTD	UND	VLR UNT (R\$)	VLR TOT (R\$)
1.0	FOSSA SÉPTICA	-	-	-	13.651,46
1.1	ESCAVAÇÃO E CARGA MECANIZADA EM SOLO	73	M³	16,42	1.198,66
1.2	REATERRO COM APILOAMENTO	14,6	M³	36,71	535,97
1.3	APILOAMENTO	32	M²	34,44	1.102,08
1.4	BLOCOS DE CONCRETO 19 X 19 X 39	750	UN.	5,99	4.492,50
1.5	TAMPÃO DE CONCRETO PARA FILTRO ANAERÓBIO - 32 M²	1	PÇ	1.886,59	1.886,59
1.6	PREPARO CONCRETO FCK-15 C/BETON.	5	M³	393,04	1.965,20
1.7	PREPARO CONCRETO P/LASTRO SEM BET.	4,8	M³	298,05	1.430,64
1.8	JOELHO 90º 100MM	8	UN	6,89	55,12
1.9	TUBO PVC SOLDAVEL 100MM	10	M	98,47	984,70
2.0	FILTRO ANAERÓBIO	-	-	-	15.792,29
2.1	ESCAVAÇÃO E CARGA MECANIZADA EM SOLO	73	M³	16,42	1.198,66
2.2	LASTRO DE PEDRA BRITADA	4,8	M³	112,07	537,94
2.3	BLOCOS DE CONCRETO 19 X 19 X 39	750	UN.	5,99	4.492,50
2.4	TUBO PVC RÍGIDO, JUNTA ELÁSTICA, TIPO VINILFORT, DN= 100 MM, INCLUSIVE CONEXÕES	12	M	23,29	279,48
2.5	TUBO PVC RÍGIDO, JUNTA ELÁSTICA, TIPO VINILFORT, DN= 150 MM, INCLUSIVE CONEXÕES	16	M	34,27	548,32
2.6	TAMPÃO DE CONCRETO PARA FILTRO ANAERÓBIO - 32 M²	1	PÇ	1.886,59	1.886,59
2.7	IMPERMEABILIZAÇÃO COM CIMENTO CRISTALIZANTE PARA UMIDADE E ÁGUA DE PERCOLAÇÃO	68	M²	11,28	767,04
2.8	REATERRO MANUAL APILOADO SEM CONTROLE DE COMPACTAÇÃO	14,6	M³	10,86	158,56
2.9	TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª. E 2ª. CATEGORIA POR CAMINHÃO PARA DISTÂNCIAS SUPERIORES	64	M³	6,88	440,32
2.10	PREPARO CONCRETO FCK-15 C/BETON.	5	M³	393,04	1.965,20
2.11	DRENO COM PEDRA BRITADA	54,75	M³	64,25	3.517,69
3.0	SUMIDOURO	-	-	-	41.731,42
3.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS PROF.4 M	712,16	M³	27,00	19.228,32
3.2	REATERRO COM APILOAMENTO	142,43	M³	36,71	5.228,61
3.3	APILOAMENTO	22	M²	34,44	757,68
3.4	LASTRO DE BRITA	2,81	M³	120,00	337,20
3.5	PREPARO CONCRETO FCK-15 C/BETON.	1,78	M³	393,04	699,61
3.6	BRITA Nº3	15	KG	232,00	3.480,00
3.7	ANEL MOLDADO DE CONCRETO COM DIÂMETRO DE 15,0 M	4	PÇ	3.000,00	12.000,00
VALOR TOTAL GERAL					71.175,17

Fonte: Os Autores (2023)

Para o reator UASB a variação fica entre U\$149,00, 18,60 por habitante (Pinho, 2004), não obstante, o custo do sistema dimensionado ficou acerca de U\$ 50,00 por habitante, assim dentro dos parâmetros.

Considerando os gastos com manutenção e limpeza ao longo do tempo, segundo a empresa ecofossa o sistema de limpeza ecofossa é realizado apenas com o produto Enzilimp a cada 1 mês, uma vez que esse produto é introduzido evita o odor. A Tabela 3 a seguir o cronograma de desembolso com os custos de limpeza/manutenção em 7 anos, período esse que a ecofossa viabiliza os custos aportados.

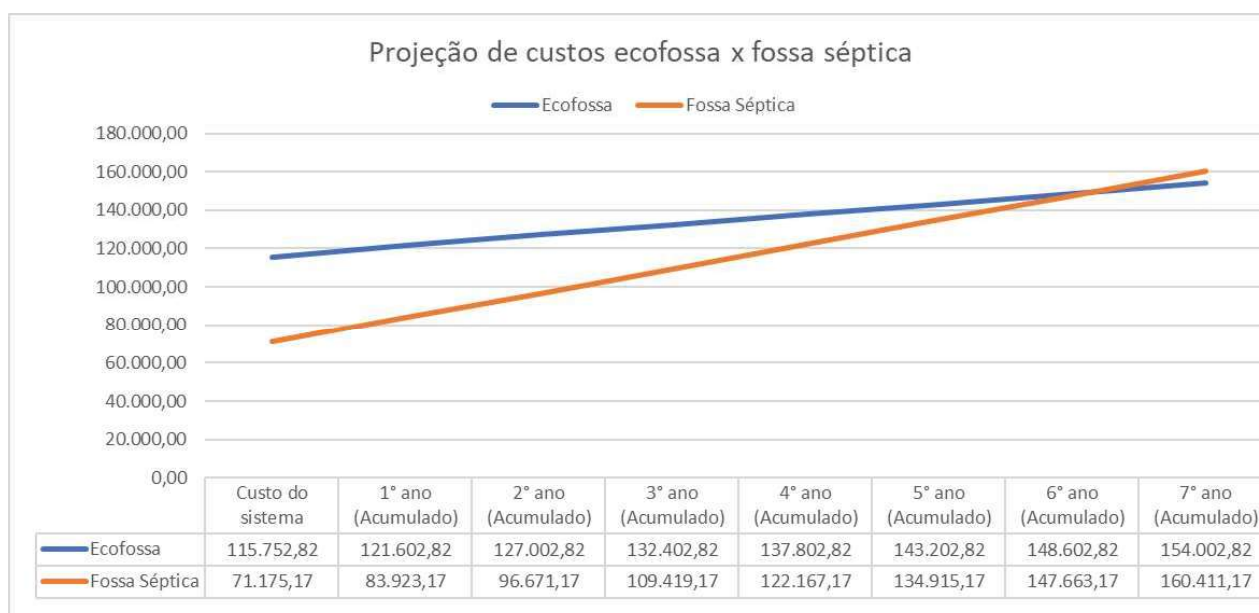
Tabela 3 – Cronograma de desembolso

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO DE LIMPEZA/MANUTENÇÃO					
Sistema	Tempo	(R\$)	Sistema	Tempo	(R\$)
Ecofossa	1º ano	5.850,00	Fossa séptica	1º ano	12.748,00
	2º ano	5.400,00		2º ano	12.748,00
	3º ano	5.400,00		3º ano	12.748,00
	4º ano	5.400,00		4º ano	12.748,00
	5º ano	5.400,00		5º ano	12.748,00
	6º ano	5.400,00		6º ano	12.748,00
	7º ano	5.400,00		7º ano	12.748,00
Total:		38.250,00	Total:		89.236,00

Fonte: Os autores (2023)

Projetando os custos ao longo desse prazo, observa-se uma mudança significativa na vantagem financeira. Apesar do custo inicial superior da ecofossa, após 7 anos, os custos totais de limpeza e manutenção viabilizam a ecofossa em comparação com a fossa séptica tradicional, custos esses compostos por preço de mercado referêntes ao ano de 2023.

Gráfico 1 – Projeção de custos ecofossa x fossa séptica



Fonte: Os autores (2023)

Portanto, embora a instalação inicial da ecofossa seja mais dispendiosa, seu menor requisito de manutenção e limpeza compensa o custo adicional a longo prazo. A ecofossa emerge como uma alternativa mais econômica, especialmente ao longo de um período mais abrangente e pode ser considerada uma escolha vantajosa para aqueles que buscam uma solução financeiramente viável e ambientalmente responsável para o tratamento de efluentes.

5. CONCLUSÕES

A combinação da ecofossa e o filtro anaeróbio apresenta uma eficiência global de até 96% na purificação dos resíduos, evidenciando a capacidade desse sistema em tratar de maneira eficaz os efluentes doméstico

Além da eficiência na purificação, a capacidade de reutilização do efluente tratado para fins não potáveis, especialmente na agricultura, ressalta a sustentabilidade e viabilidade desse sistema em conformidade com normas ambientais. A adoção de tanques com o uso na horizontal demonstra o compromisso em mitigar riscos ambientais, preserva os recursos hídricos, reduz o impacto no meio ambiente e dimensionamento estratégico dos sumidouros para suprir o problema de espaço do sistema.

Embora a instalação inicial da ecofossa represente um custo de 40% a mais em comparação com a fossa séptica tradicional, a análise financeira a longo prazo revela uma clara vantagem e para um período mais longo de 40 anos. O menor requisito de manutenção ao longo do tempo torna a ecofossa mais econômica após um período de 7 anos e em 40 anos, período da vida útil da ecofossa, temos uma economia de 240 mil em vantagem da ecofossa, destacando-a como uma escolha financeiramente viável e ambientalmente responsável para o tratamento de efluentes, além de oferecer uma personalização decorrente da necessidade de cada caso.

Portanto é importante ressaltar que, atualmente, não há uma norma técnica específica da ABNT direcionada às ecofossas, mesmo diante dos inúmeros estudos científicos que atestam sua eficiência técnica e viabilidade financeira. A falta de uma padronização evidencia a necessidade premente de uma normatização que abranja diretrizes e critérios para o projeto, instalação e manutenção desse sistema. Essa medida fundamental para consolidar as melhores práticas, garantir a qualidade e segurança dessas estruturas e fomentar sua adoção em larga escala.

Na vertente da sustentabilidade, as empresas buscam esse meio, devido a toda transformação digital e expectativas dos consumidores por práticas empresariais mais éticas e ecologicamente responsáveis. Nesse cenário, a busca por métodos e tecnologias sustentáveis tornou-se uma prioridade para as empresas, não apenas como uma estratégia para reduzir custos operacionais a longo prazo, também um compromisso genuíno com a preservação do meio ambiente.

Assim, os resultados obtidos corroboram não apenas a eficiência da ecofossa na remoção

de poluentes, sua viabilidade como uma solução sustentável e economicamente atrativa para o tratamento de esgotos, promovendo a integração equilibrada com o meio ambiente e contribuindo para a preservação dos recursos naturais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A ANA E O SANEAMENTO BÁSICO**. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento>> Acesso em: maio 2023

ANDRADE NETO, J. D. **Eficiência de biodigestores tipo Ecofossa no tratamento de esgotos domésticos em áreas rurais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969 - Sistemas de tratamento de esgoto sanitário - Tanques sépticos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro-RJ, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro-RJ, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro-RJ, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário -Projeto e execução**. Rio de Janeiro-RJ, 1997.

CARVALHO, M. A. et al. **A ecofossa como alternativa ao saneamento básico convencional em zonas rurais**. Revista Engenharia Ambiental, v. 14, n. 3, p. 43-54, 2017.

CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento S/A) - . **Passo a passo: saiba como fazer a ligação correta do sistema de esgoto com a rede da Casan**. Disponível em: <<https://ndmais.com.br/noticias/passo-a-passo-saiba-como-fazer-a-ligacao-correta-do-sistema-de-esgoto-com-a-rede-da-casan/>> Acesso em: maio 2023

CAVALCANTI, M. P. **Tratamento de esgoto doméstico em reator híbrido de fibra de Vidro tipo UASB e filtro anaeróbico para comunidades de pequeno porte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2005.

CBM – GO(Corpo de bombeiros Militar do Estado de Goiás), NT11 (Norma Técnica 11. **Saída de emergência** Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/NT-11_2022-Saidas-de-Emergencia.pdf> Acesso em: Outubro 2023

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** – Vol. 5 – Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Segrac, 1997. 246 p.

CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011**. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>> Acesso em: maio 2023

DAE (Departamento de Águas e Esgotos). **BET - uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário**. Disponível em: < http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_220_n_1822.pdf> Acesso em: maio 2023

ECOFOSSA. **A empresa e croquis**. Disponível em: < <https://ecofossa.com/a-empresa/>> Acesso em: maio 2023

ECOFOSSA. **Descubra qual a melhor solução de fossa ecológica para o seu empreendimento**. Disponível em: <www.ecofossa.com/produtos/>. Acesso em: Maio 2023

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). **Manual de Saneamento** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 5.ed. Brasília: Funasa, 2019.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). **Manual de Saneamento**, Disponível em: < <https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/05/manual-de-saneamento-Funasa-2006.pdf> > Acesso em: Maio 2023

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **‘Tratamento de Esgotos Domésticos’**. 4ª Edição. Rio de Janeiro, 2005.

MENDES, M. A. et al. Desempenho de um sistema de tratamento de esgoto por meio de uma fossa séptica biodigestora e um filtro anaeróbio em série. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 22, n. 3, p. 186-191, 2018.

OMS (Organização Mundial da Saúde). **5 consequências da falta de saneamento básico**. EOS Consultores, 2014. Disponível em: <[PINHO, M. F. **Estudo técnico e econômico de alternativas para tratamento de esgotos de porto de galinhas**. Recife: UFPE, 47p. Trabalho de conclusão de curso \(Especialização\) Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, 2004.](https://www.eosconsultores.com.br/5-consequencias-da-falta-de-saneamento-basico/#:~:text=As%20doen%C3%A7as%20com%20maiores%20incid%C3%A7%C3%A3es, Acesso em: maio 2023.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Projeto Bramar (Brazil Managed Aquifer Recharge). Disponível em : < <https://www.bramar.net/pt/>> Acesso em: Maio 2023.

PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) , A. C. V. et al. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**, n. 1, p. 186-191, 1999.

REINALDO, G. P. B. et al. **Desempenho de sistema decanto-digestor com filtro biológico seguido por alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico**. *AmbiÁgua*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 62-74, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.723>> Acesso em: maio 2023.

SILVA, M. C. DA, SILVA, R. S. DA, BARRETO, F. F., & ALMEIDA, L. A. S. DE. (2019). **Ecofossa: Uma Alternativa Sustentável para o Tratamento de Esgotos Domésticos em Áreas Urbanas**. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 4(2), 180-190.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) – Sistema de **xxxx. Esgotamento sanitário 2021**. Disponível em: < <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/es>> Acesso em: maio 2023

TCHOBANOGLUS, GEORGE; BURTON, FRANKLIN; STENSEL, H DAVID, **Wastewater engineering: Treatment and reuse**, American Water Works Association. *Journal*, Vol. 95, Ed. 5, (May 2003): 201. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/82d18bbd088cd47b8eee58569f8f6a36/1?pq-origsite=gscholar&cbl=25142>>. Acesso em maio 2023

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1995. (**Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, v. 1).

7. APÊNDICES

7.1. Memorial descritivo do sistema de ecofossa

Iniciando com a Caixa de Passagem Gradeada - Ecofossa, essa estrutura desempenha um papel crucial na remoção de material sólido inorgânico do efluente, preparando-o para o tratamento subsequente. Além disso, atua como um reservatório para reunir o fluxo antes de entrar nos reatores, assegurando o cumprimento das diretrizes da NBR 8160/97.

Seguindo o processo, o Reator Anaeróbio - Ecofossa é um equipamento hermético e anóxico que retém o efluente bruto, permitindo a proliferação de uma massa bacteriana natural. Esse ambiente propicia a detenção celular, permitindo que a própria matéria orgânica realize sua biodigestão automaticamente, alcançando uma eficiência de remoção de carga orgânica de aproximadamente 80%.

O próximo estágio do tratamento é conduzido pelo Filtro Anaeróbio - Ecofiltro, responsável pelo pós-tratamento dos efluentes provenientes do reator anaeróbio. Utilizando o processo de decomposição biológica por colônias de bactérias anaeróbias, junto à Ecofossa, aumenta significativamente a remoção de DBO, atingindo índices de até 95%, devolvendo para o meio ambiente uma água tratada e inócua.

A etapa de desinfecção é realizada pela Caixa de Cloração, que desinfeta o esgoto já tratado proveniente das fases primária e secundária, operando com Hipoclorito de Cálcio conforme especificações da NBR 11887/2015.

Para distribuição uniforme do esgoto tratado e desinfetado entre os sumidouros necessários para a disposição final, a Caixa de Distribuição cumpre essa função de maneira equitativa.

A disposição final do esgoto tratado é conduzida pelo Sumidouro, sendo a unidade de depuração e disposição final do efluente do tanque séptico verticalizado em relação à vala de infiltração. Sua instalação demanda cuidados específicos para garantir a distância necessária em relação ao aquífero, favorecendo sua utilização em áreas onde este é profundo.

Dessa forma, o sistema Ecofossa abrange diversas etapas essenciais no tratamento de efluentes, atendendo não apenas aos padrões técnicos, mas também promovendo a preservação ambiental em consonância com as normativas vigentes.

7.2. Memorial de cálculo Fossa Séptica

7.2.1. Fossa Séptica Tradicional

O volume útil estimado, ou volume total necessário ao tanque séptico, é calculado a partir da equação abaixo:

$$V_c = [1000 + N \times (C \times T + K \times Ff)] \times \frac{1}{1000}$$

- V_c : volume útil estimado do tanque séptico, em m³;
- N: número de pessoas/unidades de contribuição;
- C: contribuição de esgoto, em Litro/pessoa.dia ou em Litro/unidade.dia;
- T: período de retenção do esgoto, em dias;
- K: taxa de acumulação de lodo digerido, ou tempo de acumulação de lodo fresco, em dias;
- Lf: contribuição de lodo fresco, em Litro/pessoa dia ou em Litro/unidade dia;
- 1/1000: conversão de unidade Litro para m³.

7.2.1.1. Número de pessoas e unidades de contribuição

De acordo com a Norma Técnica 11 (NT11) do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBM-GO), a população considerada para a edificação é calculada como 2 pessoas por quarto. Portanto, no pavimento superior, que consiste em 3 quartos no total, a população estimada é de 6 habitantes por unidade. Como o condomínio possui 43 unidades, a população total estimada é de 258 habitantes, mais a população flutuante de 200 habitante, sendo assim uma população total de 458 habitantes.

7.2.1.2. Contribuição de esgoto

Tabela 1 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante			
			Unid.: L
Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência padrão alto	peessoa	160	1
- residência padrão médio	peessoa	130	1
- residência padrão baixo	peessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	peessoa	100	1
- alojamento provisório	peessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	peessoa	70	0,30
- escritório	peessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	peessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	peessoa	50	0,20
- bares	peessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Fonte: NBR 7229/93

O Condomínio é constituído por casa de alto padrão, portanto a contribuição diária de esgoto adotada será de 160 l/pessoa. x dia.

7.2.1.3. Período de detenção do esgoto

Tabela 2 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária		
Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: NBR 7229/93

O CD (consumo diário) total do condomínio é calculado multiplicando o consumo diário por pessoa pela quantidade estimada de habitantes do condomínio, sendo assim, $160 * 458 = 73.280$ litros

Portanto, adotando um tempo de detenção de 0,50 dia ou 12 horas.

7.2.1.4. Taxa de acumulação total de lodo

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: NBR 7229/93

Devido ao clima predominante da região onde o sistema será instalado é tropical considerado uma temperatura maior que 20 graus celsius, adotado o intervalo de 1 ano entre limpezas, assim resultou uma taxa de acumulação de lodo de 57.

7.2.1.5. Contribuição de lodo fresco

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência padrão alto	pessoa	160	1
- residência padrão médio	pessoa	130	1
- residência padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Fonte: NBR 7229/93

Devido as unidades serem de alto padrão a contribuição diária de lodo fresco adotado de 1 L/unidade x dia.

Portanto:

$$V = 1000 + 458 (160 \times 0,5 + 57 \times 1)$$

$$Ve = 63.746 L \text{ ou } 63,746 m^3$$

7.2.1.6 Volume do tanque séptico (Prismático Retangular)

7.2.1.6.1 Área da base

$$Ab = C \times L$$

- C: comprimento interno do tanque séptico prismático, em cm;
- L: largura interna do tanque séptico prismático, em cm.

Segundo o tópico 5.9 da NBR 7229/1993, a largura interna mínima é de 80 cm, a relação comprimento/largura mínima para tanques prismáticos retangulares é de 2:1 e a máxima é de 4:1.

Adotando:

$$C = 400 \text{ cm ou } 4 \text{ m}$$

$$L = 800 \text{ cm ou } 8 \text{ m}$$

7.2.1.6.2 Profundidade útil

Tabela 4 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil		
Volume útil (m ³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: NBR 7229/93

Adotando uma profundidade útil de 2,2 m para comportar o volume útil estimado

$$V = Ab \times Hu$$

$$V = (4 \times 8) \times 2,2$$

$$V = 70,4 \text{ m}^3$$

Verificando:

$$V > Ve$$

$$70,4 > 63,746 \therefore OK$$

7.2.2 Filtro Anaeróbio

Conforme a NBR 13969/1997.

$$Vu = 1,6 \times N \times C \times T$$

Vu: volume útil, em litros;

N: número de pessoas ou unidades de contribuição;

C: contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia;

T: período de detenção, em dias (conforme Tabela 2 da NBR 7229/1993).

De acordo com a NBR 13969/1997, o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L.

7.2.2.1 Tempo de Detenção Hidráulico (TDH)

Tabela 4 - Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias)

Vazão L/dia	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15°C	Entre 15 °C e 25°C	Maior que 25°C
Até 1 500	1,17	1,0	0,92
De 1 501 a 3 000	1,00	0,92	0,83
De 3 001 a 4 500	1,00	0,83	0,75
De 4 501 a 6 000	0,92	0,75	0,67
De 6 001 a 7 500	0,83	0,67	0,58
De 7 501 a 9 000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9 000	0,75	0,50	0,50

NBR 13969/1997

Devido ao clima predominante da região onde o sistema será instalado é tropical considerado que nos meses mais frios a temperatura chega até 15 graus celsius e considerando uma contribuição maior que 9000 litros, assim o período de detenção de 0,5 dias.

Assim:

$N = 458$ pessoas

$C = 160$ L/unid. x dia.

$T = 0,5$ dia

$$V = 1,6 \times 458 \times 160 \times 0,5$$

$$V = 58.624 \text{ L ou } 58,624 \text{ m}^3$$

7.2.2.2 Volume do tanque séptico (Prismático Retangular)

7.2.2.2.1 Área da base

$$Ab = C \times L$$

- C: comprimento interno do tanque séptico prismático, em cm;
- L: largura interna do tanque séptico prismático, em cm.

Segundo o tópico 5.9 da NBR 7229/1993, a largura interna mínima é de 80 cm, a relação comprimento/largura mínima para tanques prismáticos retangulares é de 2:1 e a máxima é de 4:1.

Adotando:

$C = 400$ cm ou 4 m

$L = 800$ cm ou 8 m

7.2.2.2.2 Profundidade útil

Volume útil (m ³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: NBR 7229/93

Adotando uma profundidade útil de 2,2 m para comportar o volume útil estimado

$$V = Ab \times Hu$$

$$V = (4 \times 8) \times 2,2$$

$$V = 70,4 \text{ m}^3$$

Verificando:

$$V > V_e$$

$$70,4 > 58,624 \therefore OK$$

7.2.3 Sumidouro

$$Cd = N \times C$$

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição

C = contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro / unidade x dia

$$Cd = 458 \times 160$$

$$Cd = 73.280 \frac{l}{dia} \text{ ou } 73,280 \frac{m^3}{dia}$$

Segundo os valores propostos por Jordão & Pessoa em 2005:

Faixa	Constituição do solo	Coef. de infiltração (L/m ² .dia)
1	Rochas, argilas compactas de cor branca, cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada.	< 20
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom	40 a 60
4	Areia ou silte pouco argiloso, ou solo arenoso com húmuse turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes.	60 a 90
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa e cascalhos.	> 90

O coeficiente de infiltração de 40 L/m².dia devido a composição do solo de Goiás ser latossolo composto por uma coloração que vai do vermelho até o amarelo e são muito ácidos e pobres em alguns nutrientes.

Tabela A.1 - Conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial¹⁾

Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária m ³ /m ² .d	Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária m ³ /m ² .d
40 ou menos	0,20	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1200	0,037
160	0,10	1400	0,032
200	0,09	2400	0,024

¹⁾ Adaptado da referência (43) do anexo C.

NBR 13969/97

De acordo com a tabela A.1 e o coeficiente de infiltração temos o $K = 0,20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

7.2.3.1 Área útil

$$A = \frac{Cd}{K}$$

$$A = \frac{73,280}{0,20}$$

$$A = 366,4 \text{ m}^2$$

7.2.3.2 Altura útil

Adotando a forma cilíndrica e um diâmetro de 15 m

$$A = AL + AF$$

$$A = (PI \times D \times H) + (PI \times \frac{D^2}{4})$$

$$366,4 = (PI \times 15 \times H) + (PI \times (\frac{15^2}{4}))$$

$$H = 4,03 \text{ m}$$

7.2.3.3 Volume

$$V = Ab \times H$$

$$V = (\pi \times R^2) \times H$$

$$V = 712,16 \text{ m}^3$$

$$V > V_e$$

$$712,16 > 73,280 \therefore OK$$

7.3 Memorial de cálculo Ecofossa

7.3.1 Dados Ecofossa

População residente (PR) = 258 Habitantes

População flutuante (PF) = 200 Habitantes

Carga per – capita DBO = 54 g/hab.dia

Carga per-capita sólidos suspensão (SS) = 60 g/hab.dia

Padrão de DBO para lançamento em corpo receptor = 60mg/L

Consumo per-capita de água 160 L/hab.dia

Coefficiente de retorno = 0,8

K1 = 1,2

K2 = 1,5

K3 = 0,5

7.3.1.1 Cálculo da Vazão do Condomínio

$$Q_{med} = \frac{C \times P \times q}{86400} \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = \frac{(458 \times 160 \times 0,8)}{1000}$$

$$Q_{med} = 58,624 \frac{m^3}{dia}$$

ou

$$6,78 \times 10^{-1} \text{ l/s}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = K1 \times K2 \times Q_{med}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 1,2 \times 1,5 \times 58,624$$

$$105,52 \frac{m^3}{dia} \text{ ou } 1,22 \text{ l/s}$$

$$Q_{m\acute{i}n} = K3 \times Q_{med}$$

$$Q_{m\acute{i}n} = 0,5 \times 58,624$$

$$Q_{m\acute{i}n} = 0,5 \times 58,624$$

$$29,312 \frac{m^3}{dia} \text{ ou } 0,339 \frac{l}{s}$$

7.3.1.2 Cálculo da carga de DBO e SS

$$Carga_{DBO} = \frac{Pop. (hab) \times Percapita \left(\frac{g}{hab} \times dia \right)}{1000}$$

$$Carga_{DBO} = \frac{458 \times 54}{1000}$$

$$= 24,732 \frac{kG}{dia}$$

$$Carga_{SS} = \frac{Pop. (hab) \times Percapita \left(\frac{g}{hab} \times dia \right)}{1000}$$

$$Carga\ SS = \frac{458 \times 60}{1000} = 27,48 \frac{kG}{dia}$$

7.3.1.3 Concentração da DBO

$$\frac{Carga \left(\frac{kG}{dia} \right) \times 1000 \left(\frac{g}{kG} \right)}{Q(m^3 \times dia)}$$

$$\frac{(24,732 \left(\frac{kG}{dia} \right) \times 1000 \left(\frac{g}{kG} \right))}{58,624(m^3 \times dia)}$$

$$= 422 \text{ mg/l}$$

7.3.2 Caixa Gradeada

A caixa gradeada é a primeira unidade da ecofossa como mostrado na figura 2 - Sistema de Ecofossa. Adotou a utilização da grade média com espaçamento de 25mm dimensões de 3/8'' x 1. 1/2''.

A NBR 12209 (ABNT, 2011) recomenda que a velocidade máxima através das grades para a vazão final seja 1,20 m/s, logo a velocidade máxima adotada é 0,90 m/s A inclinação das barras será de 45°.

7.3.2.1 Cálculo da área útil (Au)

$$Au = \frac{Q}{v}$$

$$Au = 0,00122 \frac{m^3}{s} \frac{0,00122 \frac{m^3}{s}}{0,9 \frac{m}{s}}$$

$$Au = 0,00135 \text{ m}^2$$

7.3.2.2 Determinação da eficiência da grade (E)

$$E = \frac{a}{a + t}$$

$$E = \frac{25\text{mm}}{(25\text{mm} + 9,5\text{mm})}$$

$$= 0,72 \text{ ou } 72\%$$

A = espaçamento

T = espessura

7.3.2.3 Cálculo da área total ou seção de escoamento (S)

$$S = \frac{Au}{E}$$

$$S = \frac{0,00135}{0,72}$$

$$= 0,001875 \text{ m}^2$$

7.3.2.4 Cálculo da altura das lâminas d'água no canal

Com o intuito de manter a velocidade das lâminas constante, o sistema contará com a calha de Parshall

Dimensões do vertedor Parshall (cm) e vazão com escoamento livre (L/s)

(pol)H (cm)	R	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	VAZÃO COM ESCOAMENTO LIVRE		
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	-	0,3	5,0
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7	2,5	3,8	0,8	53,8
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4	5,1	7,6	1,4	110,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4	5,1	7,6	2,5	252,0
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	3,1	455,9
1 1/2'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	4,2	696,6
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	11,9	937,3
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	17,3	1427,2
4'	122,0	193,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	36,8	1922,7
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	45,3	2423,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	73,6	2930,8
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	85,0	3437,7
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	349,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	99,1	3950,2
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	-	-	200,0	5660,0

Adaptada de Parshall, 1932

O vertedor Parshall dentro da vazão do sistema é o de 1" ou 2,5 cm, na qual a vazão mínima é de 0,3 L/s e a vazão máxima é de 5 L/s

Valores de n – K [para vazão em m ³ /h]			
W		n	K
[inch]	[mm]		
1"	25,4	1,550	217,29
2"	50,8	1,550	434,58
3"	76,2	1,547	633,60
6"	152,4	1,580	1371,60
9"	228,6	1,530	1926,00
12"	304,8	1,522	2484,00
18"	457,2	1,538	3794,40
24"	609,6	1,550	5133,60
36"	914,4	1,566	7855,20
48"	1219,2	1,578	10566,00
60"	1524,0	1,587	13420,80
72"	1828,8	1,595	16254,00
84"	2133,6	1,601	19101,60
96"	2438,4	1,607	21963,60

$$H^n = \frac{Q}{k}$$

Q = vazão (m³/s)

Coefficiente K = 0,060

Expoente n = 1,550

H = Altura de lâmina d'água

$$H_{m\acute{a}x}^{1,550} = \frac{0,00122}{0,060}$$

$$H_{m\acute{a}x} = 0,08 \text{ m}$$

$$H_{m\acute{a}x}^{1,550} = \frac{0,000678}{0,060}$$

$$H_{m\acute{a}x} = 0,06 \text{ m}$$

$$H_{m\acute{a}x}^{1,550} = \frac{0,000339}{0,060}$$

$$H_{m\acute{a}x} = 0,04 \text{ m}$$

A fim de assegurar velocidades constantes do efluente do esgoto no canal de entrada da caixa gradeada, a calha de Parshall será instalada com um rebaixo Z em relação ao fundo do canal

$$Z = \frac{(Q_{m\acute{a}x} \times H_{min}) - (Q_{min} \times H_{m\acute{a}x})}{(Q_{m\acute{a}x} \times Q_{min})}$$

$$Z = \frac{(0,00122 \times 0,04) - (0,000339 \times 0,08)}{(0,00122 \times 0,000339)}$$

$$Z = 0,025 \text{ m}$$

$$H_{m\acute{a}x} - Z = 0,08 - 0,025 = 0,055 \text{ m}$$

$$H_{med} - Z = 0,06 - 0,025 = 0,035 \text{ m}$$

$$H_{min} - Z = 0,04 - 0,025 = 0,015 \text{ m}$$

7.3.2.5 Cálculo da largura do canal da grade (b)

$$b = \frac{S}{H}$$

$$b = \frac{0,001875}{0,055}$$

$$b = 0,034 \text{ m}$$

A partir do resultado obtido, adotamos 0,04m para execução

Vazão (m ³ /s)	H - Z (m)	S = b.(H-Z) (m ³)	Au = S.E(m ²)	V = Q/Au (m/s)
0,00122	0,055	0,00187	0,0014	0,87 - OK
0,000678	0,035	0,00119	0,0009	0,75 - OK
0,000339	0,015	0,00051	0,0004	0,85 - OK

Fonte: Autor, 2023

7.3.2.6 Perda de carga na grade

$$H_f = \frac{1,43(V^2 - v^2)}{2g}$$

H_f = perda de carga (m)

V = velocidade entre as barras (m/s)

v = velocidade à montante da grade (m/s)

g = gravidade

7.3.2.6.1 Grade Limpa

$$H_f = 1,43 - \frac{0,87^2 - \left(\frac{0,00122}{0,00187}\right)^2}{2 \times 9,81}$$

$$H_f = 0,024 \text{ m}$$

7.3.2.6.2 Grade 50% suja

$$H_f = 1,43 - \frac{1,74^2 - \left(\frac{0,00122}{0,00187}\right)^2}{2 \times 9,81}$$

$$H_f = 0,19 \text{ m}$$

7.3.2.7 N° estimado de barras

$$N = \frac{b}{(a + t)}$$

$$N = \frac{40}{25 + 9,5}$$

$$N = 1,16$$

Adotanda 1 barra para execução

7.3.2.8 Espaçamento entre barras externas e as paredes do canal

$$E = b - [n \times t + (n - 1) \times a]$$

$$E = 4 - [1 \times 0,95 + (1 - 1) \times 2,5]$$

$$E = 3,05 \text{ cm}$$

Adotando um espaçamento entre barra e paredes de 3cm.

7.3.2.9 Estimativa do material gradeado

A estimativa de material gradeado para esgotos sanitários é de 10 a 25 litros/1000m³.

Seja $\frac{15L}{1000m^3}$

EMG = Estimativa do material gradeado

$$EMG = \frac{15 \times 58,624}{1000}$$

$$EMG = 0,88 \frac{L}{dia}$$

7.3.3 Reator Anaeróbio – Ecofossa

Profundidade útil (h) = 6 m

Cota per-capita = 160 L/hab.dia

Q_{máx} = 105,52 m³/dia ou 4,39 m³/h

Q_{méd} = 58,624 m³/dia ou 2,44 m³/h

Tempo de detenção (Θ) = 8 horas

Forma do reator = cilíndrico

Número de unidades = 2

7.3.3.1 Carga hidráulica volumétrica (CHV)

$$CHV = \frac{1}{\Theta} \times Q$$

$$CHV = \frac{1}{8} \times 2,44 = 0,305 \frac{m^3}{m^3 \times d}$$

A carga hidráulica volumétrica está de acordo com a recomendação da literatura, menor ou igual a $5 \frac{m^3}{m^3 \times dia}$

7.3.3.2 Cálculo do volume

$$V = Q_{méd} \times \Theta$$

$$V = 2,44 \times 8 = 19,52 \text{ m}^3$$

O diâmetro do reator de 1,6m, a área em planta será de 2,01 m² e o volume de cada reator será de 12,6 m³

7.3.3.3 Velocidade ascensional (v)

Segundo a literatura:

$$Q_{méd} = 0,5 \leq v \leq 0,7 \frac{m}{h}$$

$$Q_{máx} = 0,9 \leq v \leq 1,1 \frac{m}{h}$$

$$V_{méd} = \frac{Q_{méd}}{\underline{2}} \underset{A}{}$$

$$V_{méd} = \frac{2,44}{\frac{2}{2,01}} = 0,60 \text{ m/h}$$

$$V_{máx} = \frac{Q_{máx}}{\underline{2}} \underset{A}{}$$

$$V_{méd} = \frac{4,39}{\frac{2}{2,01}} = 1,09 \text{ m/h}$$

7.3.3.4 Produção de lodo (PLO)

Produção de lodo media adotada será de 15g/hab.dia

$$PLO = \frac{15 \times 458}{1000}$$

$$= 6,87 \frac{kG}{dia}$$

7.3.4 Filtro Anaeróbio

Conforme a NBR 13969/1997.

$$Vu = 1,6 \times N \times C \times T$$

Vu: volume útil, em litros;

N: número de pessoas ou unidades de contribuição;

C: contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia;

T: período de detenção, em dias (conforme Tabela 2 da NBR 7229/1993).

De acordo com a NBR 13969/1997, o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L.

7.3.4.3 Tempo de Detenção Hidráulico (TDH)

Tabela 4 - Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias)

Vazão L/dia	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15°C	Entre 15 °C e 25°C	Maior que 25°C
Até 1 500	1,17	1,0	0,92
De 1 501 a 3 000	1,08	0,92	0,83
De 3 001 a 4 500	1,00	0,83	0,75
De 4 501 a 6 000	0,92	0,75	0,67
De 6 001 a 7 500	0,83	0,67	0,58
De 7 501 a 9 000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9 000	0,75	0,50	0,50

NBR 13969/1997

Devido ao clima predominante da região onde o sistema será instalado é tropical consideramos que nos meses mais frio a temperatura chega até 15 graus celsius e considerando uma contribuição maior que 9000 litros, assim temos o período de detenção de 0,5 dias.

Assim:

N = 458 pessoas

C = 160 L/unid. x dia.

T = 0,5 dia

$$V = 1,6 \times 458 \times 160 \times 0,5$$

$$V = 58.624 \text{ L ou } 58,624 \text{ m}^3$$

7.3.4.4 Volume do tanque séptico (Prismático Circular)

7.3.4.4.1 Area da base

$$Ab = \pi \times r^2$$

7.3.4.4.1.1 D: Diâmetro interno do tanque séptico cilíndrico, em cm;

Segundo o tópico 5.9 da NBR 7229/1993, o diâmetro mínimo interno é de 110 cm

Adotando:

D = 550 cm ou 5,5 m

7.3.4.4.2 Profundidade útil

Tabela 4 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil		
Volume útil (m³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: NBR 7229/93

Adotando uma profundidade útil de 2,8 m para comportar o volume útil estimado

$$V = Ab \times Hu$$

$$V = (\pi \times 2,75^2) \times 2,8$$

$$V = 66,52 \text{ m}^3$$

Verificando:

$$V > Ve$$

$$66,52 > 58,624 \therefore OK$$

7.3.5 Caixa de cloração

7.3.5.3 Volume

$$V = \frac{N \times C}{48}$$

V = Volume útil, em litros

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição

C = contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro / unidade x dia

Adotamos 48 ciclos devido a NBR 11887/2015 que indica um período de contato com cloro de no mínimo 30 minutos o que promove um total de 48 ciclos em 24 horas.

$$V = \frac{458 \times 160}{48}$$

$$V = 1526,67 \text{ Litros ou } 1,526 \text{ m}^3$$

7.3.5.4 Altura útil

Adotando-se um diâmetro = 1m

$$V = A \times H$$

$$H = \frac{V}{A}$$

$$H = \frac{1,526}{\pi \times 0,5^2}$$

$$H = 1,95, \text{ adotando-se } 2m$$

7.3.6 Sumidouro

$$Cd = N \times C$$

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição

C = contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro / unidade x dia

$$Cd = 458 \times 160$$

$$Cd = 73.280 \frac{l}{dia} \text{ ou } 73,280 \frac{m^3}{dia}$$

Segundo os valores propostos por Jordão & Pessoa em 2005:

Faixa	Constituição do solo	Coef. de infiltração (L/m ² .dia)
1	Rochas, argilas compactas de cor branca, cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada.	< 20
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom	40 a 60
4	Areia ou silte pouco argiloso, ou solo arenoso com húmuse turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes.	60 a 90
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa e cascalhos.	> 90

Adotando o coeficiente de infiltração de 40 L/m².dia devido a composição do solo de Goiás ser latossolo composto por uma coloração que vai do vermelho até o amarelo e são muito ácidos e pobres em alguns nutrientes.

Tabela A.1 - Conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial¹⁾

Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária m ³ /m ² .d	Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária m ³ /m ² .d
40 ou menos	0,20	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1200	0,037
160	0,10	1400	0,032
200	0,09	2400	0,024

¹⁾ Adaptado da referência (43) do anexo C.

NBR 13969/97

De acordo com a tabela A.1 e o coeficiente de infiltração temos o $K = 0,20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

7.3.6.3 Área útil

$$A = \frac{Cd}{K}$$

$$A = \frac{73,280}{0,20}$$

$$A = 366,4 \text{ m}^2$$

7.3.6.4 Altura útil

Adotando a forma cilíndrica e um diâmetro de 15 m

$$A = AL + AF$$

$$A = (\pi \times D \times H) + \left(\pi \times \frac{D^2}{4}\right)$$

$$366,4 = (\pi \times 15 \times H) + \left(\pi \times \frac{15^2}{4}\right)$$

$$H = 4,03 \text{ m}$$

7.3.6.5 Volume

$$V = Ab \times H$$

$$V = (\pi \times R^2) \times H$$

$$V = 712,16 \text{ m}^3$$

$$V > Ve$$

$$712,16 > 73,280 \therefore OK$$

Posicionando a distância mínima de 1,50 m (exceto areia) entre o seu fundo e o nível aquífero máximo.

7.3.7 Determinação da eficiência

De acordo com o PMSB (2015, p.40) e o CONAMA 430 (2011, p.6), deve-se garantir que a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), aos 5 dias e a 20°C, seja no máximo 120 mg/L, sendo que este valor só poderá ser ultrapassado em casos especiais ou mediante a estudo. Por segurança, adotou-se a DBO efluente (Se) Máxima de 80 mg/L.

$$E = 100 \times \frac{S_0 - S_e}{S_0}$$

$$E = 100 \times \frac{422 - 80}{422}$$

$$E = 81\%$$