



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

JAMILLE GONÇALVES FERREIRA DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE INCLUSÃO DA BACIA DE
EVAPOTRANSPIRAÇÃO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO NO
IFPE – *CAMPUS* RECIFE**

Recife, 2022

JAMILLE GONÇALVES FERREIRA DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE INCLUSÃO DA BACIA DE
EVAPOTRANSPIRAÇÃO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO NO
IFPE – *CAMPUS* RECIFE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva
Orientador

Prof Dr. Eduardo José Alécio de Oliveira
Coorientador

Recife, 2022

A663

Araújo, Jamille Gonçalves Ferreira de.

Avaliação da viabilidade da inclusão da bacia de evapotranspiração para tratamento de esgoto sanitário no IFPE – *Campus Recife*. / Jamille Gonçalves Ferreira de Araújo. – Recife, PE: A autora, 2022.

99 f.: color. ; il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo José Alécio de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2022.

Inclui referências.

1. Tratamento de esgotos. 2. Saneamento ecológico. 3. Fossa de bananeiras. 4. Gestão Ambiental. I. Silva, Ronaldo Faustino da. (Orientador). II. Oliveira, Eduardo José Alécio de. (Coorientador). III. Título.

628.24098134

CDD (22 Ed.)

JAMILLE GONÇALVES FERREIRA DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE INCLUSÃO DA BACIA DE
EVAPOTRANSPIRAÇÃO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO NO
IFPE – CAMPUS RECIFE**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva
Orientador - IFPE

Prof. Dr. Eduardo José Alécio de Oliveira
Coorientador - IFPE

Prof. Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa
Examinador Interno - MPGA

Prof. Dr. João Manoel de Freitas Mota
Examinador Interno – IFPE

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Examinador Interno – IFPE

Prof. Dra. Thayse Alves de Lima e Silva
Examinador Externo – FEQ - UNICAMP

APRESENTAÇÃO

A autora possui graduação em Engenharia Civil e formação técnica em Saneamento Ambiental, ambos pelo Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife. Atualmente é servidora pública do Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes, onde atua como Técnica em Meio Ambiente. Possui experiência na área de Fiscalização e Licenciamento ambiental. Atuou como técnica em saneamento na Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Possui experiência laboratorial nas análises físico-químicas de águas e efluentes e vivência na área de tratamento de água.

Dedico esta dissertação a Deus,
autor e consumidor da minha fé,
dispensador da paz que excede
todo entendimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, causa primordial de todas as coisas, pela minha vida, pela infinita misericórdia, por ser meu Refúgio e auxílio na hora da tribulação.

Ao meu esposo, Luiz, por ser meu maior incentivador, por todo amor, dedicação e cuidados recebidos desde sempre. Esta é uma das muitas conquistas ao seu lado.

Aos meus pais, Eduardo e Keyla, minha base, pela formação do caráter, pelas orações e ensinamentos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) e à Pós-Graduação em Gestão Ambiental (MPGA), pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva, o qual me instruiu desde o ensino técnico. Grande amigo e incentivador, o qual, de um jeito leve e sábio, sempre acolheu tão bem as minhas dúvidas e questionamentos, bem como sempre apresenta uma boa saída para tudo.

À Profa. Dra. Rogéria Mendes do Nascimento, à Profa. Dra. Sofia Suely Ferreira Brandão e à Profa. Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra, pelas correções e afeto, por tratarem os alunos de modo tão humano, bem como ao Prof. Dr. Eduardo José Alécio de Oliveira, pelas recomendações preciosas.

Aos amigos Joás, Danilo e Natalia por me ajudarem diretamente na construção deste projeto, sem os quais essa realização não seria possível.

Aos amigos Amaury, Fernanda, Gabrielle, Juli, Laísa, Larissa, Luh, Maressa, Sara, Tamires e Thayse, pela amizade e inspiração, pela motivação e incentivo para seguir em frente.

A todos os amigos, que contribuíram, direta e indiretamente, para realização deste trabalho.

*“Porque melhor é a sabedoria do que os rubis; e
tudo o que mais se deseja não se pode comparar
com ela.”*

Provérbios 8:11

RESUMO

A celeridade do fenômeno da urbanização no Brasil, nas últimas décadas, culminou nos impactos decorrentes do desordenamento urbano. Destarte, a infraestrutura sanitária apresenta déficit significativo no que diz respeito a coleta e tratamento de efluentes sanitários, especialmente em comunidades periurbanas e rurais. Portanto, faz-se necessário uma gestão ambiental efetiva que também exija a elaboração e execução de projetos de esgotamentos sanitários inovadores. Visto que o sistema de esgotamento sanitário atual do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) - *Campus* Recife está sobrecarregado e necessita de uma revitalização, o objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de tratamento de efluentes alternativo para substituição de tal sistema, com o emprego de sistema sustentável composto por Bacia de Evapotranspiração (BET) e Filtro Anaeróbio. A Bacia de Evapotranspiração é sistema inovador, também conhecida como Fossa de Bananeiras, preenchido com camadas diferentes de substrato e câmara receptora, onde ocorre a degradação microbiana da matéria orgânica, uso de nutrientes, redução de patógenos e redução da quantidade de lodo produzido. Outro benefício da BET é o aproveitamento de materiais recicláveis na sua construção, como entulhos e pneus. A metodologia de estudo seguiu as prescrições normativas da NBR 8160/1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução; da NBR 7229/1997 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos; da NBR 13969/1997 – Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, bem como da revisão da literatura científica para o dimensionamento e os parâmetros construtivos. Para verificação da viabilidade econômica do sistema proposto, foi realizado seu orçamento e posterior análise comparativa dos custos obtidos em relação às cotações de três empresas especializadas na fabricação de Estações Compactas de Tratamento de Efluentes. Foi verificado que o sistema sustentável pode ser concluído no período de 3 (três) meses e despende um custo total médio de R\$ 339.056,96 (Trezentos e trinta e nove mil cinquenta e seis reais e noventa e seis centavos), o que representa uma economia de 60% quando comparado com os custos de implantação dos sistemas compactos orçados. É digno de nota que além dos custos supraditos, a operacionalização do sistema compacto demanda energia elétrica e manutenção frequente, fatores que atribuem maior onerosidade a médio e longo prazo. Conclui-se que o sistema BET é sustentável e representa uma alternativa viável para o tratamento de efluentes sanitários no Instituto em epígrafe, o qual também pode fornecer subsídios para o engajamento de estudos interdisciplinares nos diversos cursos ofertados pelo IFPE – *Campus* Recife, além de incentivar a difusão da aplicabilidade de tecnologias sustentáveis.

Palavras-chave: Saneamento ecológico. Fossa das bananeiras. Tecnologia sustentável. Tratamento de esgotos. Orçamento.

ABSTRACT

The celerity of the phenomenon of urbanization in Brazil, in the last decades, culminated in the impacts resulting from urban disorganization. Thus, the sanitary infrastructure presents a significant deficit with regard to the collection and treatment of sanitary effluents, especially in peri-urban and rural communities. Therefore, effective environmental management is necessary, which also requires the elaboration and execution of innovative sanitary sewage projects. Since the current sanitary sewage system of the Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) - Campus Recife, is obsolete, the objective of this study was to evaluate the feasibility of implementing an alternative effluent treatment system to replace such a system, with the use of sustainable system composed of *Wetland* of Evapotranspiration (BET) and Anaerobic Filter. The Evapotranspiration Basin is an innovative system, also known as the banana pit, filled with different layers of substrate and receiving chamber, where microbial degradation of organic matter, use of nutrients, reduction of pathogens and reduction of the amount of sludge occurs. Another benefit of BET is the use of recyclable materials in its construction, such as rubble and tires. The study methodology followed the normative prescriptions of NBR 8160/1999 – Sanitary sewage building systems - Design and execution; NBR 7229/1997 – Design, construction and operation of septic tank systems; of NBR 13969/1997 - Septic tanks - Complementary treatment units and final disposal of liquid effluents - Design, construction and operation, as well as a review of the scientific literature for the design and construction parameters. In order to verify the economic viability of the proposed system, its budget was carried out and a subsequent comparative analysis of the costs obtained in relation to the quotations of three companies specialized in the manufacture of Compact Stations for Effluent Treatment. It was verified that the sustainable system can be completed in a period of 3 (three) months and spends an average total cost of R\$ R\$ 339.056,96 (Three hundred and thirty-nine thousand fifty-six reais and ninety-six cents), the which represents a savings of 60% when compared to the implementation costs of budgeted compact systems. It is worth noting that in addition to the aforementioned costs, the operation of the compact system requires electrical energy and frequent maintenance, factors that attribute greater cost in the medium and long term. It is concluded that the BET system is sustainable and represents a viable alternative for the treatment of sanitary effluents in the aforementioned Institute, which can also provide subsidies for the engagement of interdisciplinary studies in the various courses offered by the IFPE - Campus Recife, in addition to encouraging the dissemination of the applicability of sustainable technologies.

Keywords: Ecological sanitation. Banana pit. Sustainable technology. Sewage treatment. Budget.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Funcionamento de um tanque séptico.....	24
Figura 2 – Representação da Caixa de Inspeção	25
Figura 3 - Corte transversal de uma BET	26
Figura 4 - Bacia de evapotranspiração	27
Figura 5 - Técnica argamassa armada em uma BET	30
Figura 6 - Custos de implantação de tecnologias destinadas ao tratamento de esgoto.....	30
Figura 7 - Esquema de uma Estação Compacta de Tratamento de Efluentes.....	32
Figura 8 - Esquema de um Sistema Compacto Anaeróbio de Tratamento de Efluentes.....	33
Figura 9 - Identificação do Instituto Federal de Pernambuco.....	36
Figura 10 - Curvas de nível da área de estudo	37
Figura 11 – Perfuração do pneu para entrada do efluente.....	40
Figura 12 – Câmara de pneus em uma BET.....	41
Figura 13 - Corte transversal do sistema BET proposto.....	42
Figura 14 - Vista em planta e corte do Filtro Anaeróbio com fluxo ascendente.....	43
Figura 15 - Fossa séptica do Instituto.....	46
Figura 16 - Local das valas de infiltração do Instituto.....	47
Figura 17 – Esquema do sistema de esgotamento sanitário do Instituto.....	47
Figura 18 - Canal de Microdrenagem do IFPE – Campus Recife.....	48
Figura 19 - Diagrama das etapas do sistema de tratamento de efluentes proposto.....	48
Figura 20 - Planta baixa e corte da Caixa de Inspeção.....	49
Figura 21 - Planta baixa e corte da BET.....	51
Figura 22 - Planta baixa e corte do Filtro Anaeróbio.....	54
Figura 23 - Representação do sistema sustentável de tratamento de efluente sanitário para o IFPE Campus Recife.....	56
Figura 24 - Representação da Curva ABC de relevância do orçamento.....	58
Figura 25 - Representação das estações compactas A e B.....	60
Figura 26 - Diagrama de blocos das etapas da ECTE A.....	61
Figura 27 - Diagrama de blocos das etapas da ECTE B.....	62
Figura 28 - Diagrama de blocos das etapas da ECTE C.....	62
Figura 29 - Comparativo orçamentário da implantação dos sistemas de tratamento de esgoto compactas e o sistema sustentável proposto.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Doenças causadas pelo despejo inadequado de efluentes.....	20
Tabela 2 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.....	39
Tabela 3 - Taxa de acumulação de lodo (K) em dias, por intervalo de limpeza e temperatura do mês mais frio.....	39
Tabela 4 - Características da BET.....	51
Tabela 5- Porcentagens de remoção dos parâmetros físico-químicos do efluente na BET, consoante diferentes autores.....	52
Tabela 6 - Resultados das análises físico-químicas do efluente em 3 sistemas diferentes..	53
Tabela 7 - Características da Filtro Anaeróbio.....	54
Tabela 8 - Resumo do orçamento do sistema sustentável.....	57
Tabela 9 - Cotação dos fornecedores de Estações Compactas de Tratamento de Esgoto....	63
Tabela 10 - Manutenção e Operação da ETE Compacta.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BET	Bacia de Evapotranspiração
CEF	Caixa Econômica Federal
CB	Círculo de Bananeira
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DN	Diâmetro Nominal
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ESIG	Sistema de Informações Geográficas da Prefeitura do Recife
ECTE	Estações Compactas de Tratamento de Esgoto
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FSB	Fossa Séptica Biodigestora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
NBR	Norma Brasileira
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PVC	Policloreto de Vinila
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SST	Sólidos Suspensos Totais
TEVAP	Tanque de Evapotranspiração
ZDS	Zona de Desenvolvimento Sustentável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1	EFLUENTES.....	19
3.2	TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	21
3.2.1	Tanque séptico.....	23
3.2.2	Caixa de Inspeção.....	25
3.2.3	Bacia de Evapotranspiração (BET).....	25
3.2.4	Filtro Anaeróbio.....	31
3.3	ESTAÇÕES COMPACTAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ECTE).....	32
4	METODOLOGIA.....	35
4.1	COLETA DE DADOS.....	35
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	35
4.3	CAIXA DE INSPEÇÃO (CI).....	38
4.4	BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET).....	38
4.5	FILTRO ANAERÓBIO.....	42
4.6	COMPARATIVO DAS PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS DO SISTEMA SUSTENTÁVEL E DO SISTEMA COMPACTO.....	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
5.1	SISTEMA SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	46
5.1.1	Caixa de Inspeção (CI).....	49
5.1.2	BET.....	50
5.1.3	Filtro Anaeróbio.....	53
5.2	ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA DO SISTEMA SUSTENTÁVEL.....	56
5.3	SISTEMA COMPACTO.....	59
5.4	COMPARATIVO ORÇAMENTÁRIO DOS SISTEMAS SUSTENTÁVEL E COMPACTO.....	63
6	CONCLUSÕES.....	67
7	RECOMENDAÇÕES.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69

APÊNDICES	79
ANEXOS	109

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970, o Brasil passou a considerar investimentos relativos ao tratamento de efluentes, entretanto ainda são notórias as deficiências no setor de saneamento, nos âmbitos municipal, estadual e federal, especialmente em áreas rurais e comunidade periféricas urbanas, o que acarreta em impactos ambientais e oferece riscos à saúde pública (MACHADO *et al.*, 2020).

A celeridade no processo de urbanização nas últimas décadas tem demandado serviços de infraestrutura, também no que concerne aos serviços de saneamento básico. Consoante o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos- 2015 (BRASIL, 2017), a taxa referente ao atendimento de coleta de esgoto no Brasil é de 50,3%, sendo 58% deste montante destinado às áreas urbanas.

Ainda, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2019), o consumo médio de água no Brasil é de 153,9 l/hab./dia, logo, o consumo de água diário total no país é de aproximadamente 26 bilhões de litros levando em consideração que 80% dessa água consumida torna-se esgoto, gera-se por dia cerca de 21 bilhões de litros. Deste volume apenas 49,1% é tratado, o restante é lançado in natura no solo ou nos cursos de água. Somado a isso, as atividades industriais e a agricultura necessitam de grandes montantes de água para realizar suas operações. Os efluentes resultantes desses processos geralmente são inutilizados e lançados em corpos d'água sem prévio tratamento, acarretando problemas de poluição hídrica (BRASIL, 2018a).

O lançamento de esgoto *in natura*, tanto no solo quanto nos cursos de água, causa impactos ambientais negativos e difíceis de serem reversíveis, portanto faz-se necessária uma gestão ambiental efetiva que exija a elaboração e execução de projetos de esgotamento sanitário inovadores, como por exemplo, o reuso do efluente tratado. No Brasil há carência de legislações para o seu reuso (UNESCO, 2017; BRASIL, 2019), porém vários projetos implementados trouxeram resultados significativos e passíveis de serem replicados, reaproveitando insumos como água, lodo, gás, inovando o conceito de tratamento de efluentes.

A oferta de soluções que minimizem o lançamento indevido de esgoto, tencionando sua reinserção segura no meio ambiente, tem tomado maiores proporções no âmbito urbano, contando com rápida implantação, custos reduzidos, e até a possibilidade de reutilização de nutrientes da composição do efluente sanitário (SILVA *et al.*, 2020).

A universalização do saneamento depende de aspectos como a distribuição demográfica e o gerenciamento de recursos, sendo os investimentos em sua maioria direcionados às grandes

idades, culminando no atendimento precário aos municípios de pequeno porte e em bairros com população detentora de reduzido poder aquisitivo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013; TONETTI *et al.*, 2018)

As barreiras para universalização do saneamento urbano e rural são ligadas a questões políticas e investimentos econômicos, fazendo-se necessário implantar uma estratégia eficaz para promover menores dispêndios para o tratamento de esgotos, contrapondo a perspectiva centralizadora de atendimento, predominantemente adotada no Brasil, a qual prevê a utilização de sistemas coletivos de grande porte (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013; MESQUITA, 2019).

Segundo o disposto na NBR 13969 (ABNT, 1997), sistema descentralizado de tratamento de esgotos pode ser definido como sistema no qual as distâncias entre a fonte geradora e a disposição final do efluente tratado são próximas entre si, não exigindo comumente a utilização de rede coletora extensa, emissários, estações elevatórias, entre outros.

A aplicação da tecnologia anaeróbia em sistemas descentralizados revela-se apropriada para as condições socioeconômicas locais apresentando várias vantagens quando comparado ao processo biológico aeróbio, entre os quais destacam-se, menor consumo de energia, menos insumos operacionais, baixa produção de lodo e menor área para implantação. Contudo, apresentam alguns entraves como remoção de nutriente e patógenos, maior suscetibilidade às condições climáticas e necessidade de unidades complementares para pós-tratamento (FRANÇA, 2012; QUEIROZ *et al.*, 2018).

Neste contexto, a instituição educacional, enquanto formadora de opinião, tem papel fundamental na orientação quanto ao uso racional dos recursos naturais, sendo requeridas ações sustentáveis práticas. A iniciativa do desenvolvimento de projetos simples voltados à atenuação da escassez de água, da contaminação do solo e dos corpos d'água pode contribuir na orientação dos futuros tomadores de decisão.

Consoante o ProNEA – Programa Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 2005, p. 18):

[...] a educação assume posição de destaque para construir os fundamentos da sociedade sustentável, apresentando uma dupla função a essa transição societária: propiciar os processos de mudanças culturais em direção à instauração de uma ética ecológica e de mudanças sociais em direção ao empoderamento dos indivíduos, grupos e sociedades que se encontram em condições de vulnerabilidade em face dos desafios da contemporaneidade.

Uma alternativa eficaz de sistema de esgotamento sustentável é a bacia de

evapotranspiração (BET) que traz grande vantagem ambiental por ser um sistema fechado, impermeabilizado sem risco de contaminação do solo ou lençol freático, além de reaproveitar materiais recicláveis e descartados como pneus, utilizando-os para a construção do tanque. É uma tecnologia efetiva no tratamento de efluentes sendo de fácil execução e manutenção e baixo custo de implantação, cujo dimensionamento correto é crucial para o funcionamento eficiente (CAPITÓ *et al.*, 2020).

GALBIATI (2009) preconiza que o efluente de saída da BET seja direcionado para rede coletora municipal de esgoto, valas de infiltração, círculo das bananeiras, ou ainda filtros anaeróbios, os quais, segundo Ávila (2005), são reatores biológicos de grande eficácia no pós-tratamento contendo leito filtrante onde se forma e se desenvolve a vida microbiana responsável pela degradação da matéria orgânica.

Diante do exposto, o presente trabalho objetiva avaliar a exequibilidade de um sistema de tratamento de efluentes alternativo para o *Campus* Recife do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), com o emprego de sistema de bacia de evapotranspiração e filtro anaeróbio. A área de estudo situa-se no bairro do Curado, no município de Recife, Pernambuco. Consoante Fonseca Júnior *et al.* (2019), o sistema atual do Instituto, composto por Fossa Séptica e Valas de Infiltração, se encontra obsoleto e sua operacionalização está comprometida, havendo a necessidade de sua reforma e ampliação para adequação à demanda atual, a qual apresentou crescimento expressivo nos últimos 10 anos.

Faz-se mister dimensionar adequadamente os elementos do sistema de esgotamento a ser proposto com vistas a atender a demanda requerida pelo Instituto. Ademais, faz-se necessária a elaboração de seu orçamento e, assim, realizar comparativo orçamentário com um sistema compacto para avaliar a solução que oferece melhor custo-benefício.

A inserção de novas tecnologias no Instituto no conceito mais atual de sustentabilidade fomenta o bem-estar socioambiental, incentiva a conscientização e a cidadania bem como fomenta o progresso da universalização do saneamento.

A construção de um sistema de tratamento de efluentes sustentável em uma escola, serve como mola propulsora para a implantação de um projeto de educação ambiental, colocando os discentes como agentes ativos na conservação dos recursos hídricos (MOURA, 2019; ZIMMERMANN; KOEFENDER; LANCINI, 2021).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar da viabilidade do uso da bacia de evapotranspiração e do filtro anaeróbio para tratamento de esgoto sanitário no IFPE – *Campus Recife*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar dados primários do IFPE – *Campus Recife*, bem como dados secundários acerca dos elementos necessários para ao projeto tema com vistas a dimensionar um novo sistema de tratamento;
- Analisar o funcionamento do atual sistema de tratamento dos efluentes sanitários;
- Propor um sistema BET associado ao sistema atual, mediante projeto executivo com planilha orçamentária;
- Comparar a viabilidade técnica e financeira do sistema BET com o sistema convencional (ETE Compacta).

3 REVISÃO DA LITERATURA

A grande problemática enfrentada pelo saneamento se dá pela crescente demanda por sistemas que atendam às exigências sanitárias e concomitantemente preservem os recursos naturais. Neste sentido, urge a necessidade de implementação de tecnologias sustentáveis para atenuar os impactos negativos desta atividade.

Segundo o relatório do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e da Organização Mundial da Saúde (WHO), *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene: 2000-2017: Special focus on inequalities*, o índice da população mundial atendida com água tratada subiu de 74% (4,6 bilhões de pessoas) para 82% (6,2 bilhões de pessoas), comparando os anos de 2000 e 2017. No entanto, 627 milhões de pessoas ainda dispõem de serviços básicos limitados e 673 milhões ainda realizam a defecação a céu aberto, revelando que as ações no setor de saneamento ainda são precárias frente aos impactos ambientais e as consequências na saúde pública.

3.1 EFLUENTES

Os resíduos de origem antrópica produzem poluição que pode comprometer a qualidade dos recursos hídricos por meio da alteração de suas características naturais quando da incorporação de diversas substâncias. A água modificada após seu uso é intitulada de esgotos, águas servidas ou águas residuárias, cujo tratamento prévio é imprescindível para lançamento em corpos hídricos e posterior reutilização (BRASIL, 2015).

Efluente pode ser definido como “parcela líquida que sai de qualquer unidade de tratamento. Se dividem em domésticos e industriais” (CPRH, 2004). Consoante Resolução CONAMA Nº 430 DE 2011, efluente é “o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos”.

O efluente *in natura* contém matéria orgânica, nutrientes e substâncias inorgânicas e seu lançamento culmina na diminuição do oxigênio dissolvido e eutrofização, promovendo alteração de cor, gosto e odor da água; crescimento excessivo de algas; mortandade da vida aquática; assoreamento; entre outros (BRASIL, 2015). O lançamento irregular de efluentes sanitários traz também problemas à saúde pública, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Doenças causadas pelo despejo inadequado de efluentes.

Grupo de doenças	Doenças	Transmissão	Prevenção
Feco-oral	-Cólera; -Desintéria amebiana; - Giardíase; - Hepatite (tipo A); - Poliomielite -Febre tifóide	Ingestão de organismo patogênico	- Implantar sistema de tratamento de água; - Melhorar instalações sanitárias; - Proteger os recursos hídricos da contaminação.
Ausência de higienização	- Ancilostomíase; - Ascaridíase; - Tricuríase; - Salmonelose - Escabiose	- Ingestão ou contato com organismo patogênico	- Higienizar instalações sanitárias; - Implantar abastecimento de água e de tratamento de esgoto
Contato com água	- Esquistossomose - Leptospirose	- Contato da pele com a água contaminada pelo organismo patogênico	- Combater o hospedeiro transmissor da doença; - Evitar contato com a água contaminada; - Implantar sistema de esgotamento sanitário; -Melhorar instalações sanitárias.
Transmitidas por vetores	- Filariose (elefantíase) - Malária - Dengue	- Picada do inseto contaminado	- Controlar insetos transmissores

Fonte: Adaptado de Brasil (2007).

Consoante disposto no artigo 16 da Resolução CONAMA N° 430/2011:

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I - condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

e) óleos e graxas:

1. óleos minerais: até 20 mg/L;

2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes; e

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor (CONAMA, 2011).

Concernente ao efluente doméstico, este é composto basicamente de matéria orgânica, sendo 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, além dos micro-organismos. Pode ser classificado como águas negras, produzido a partir das atividades em instalações sanitárias domésticas, comerciais ou de instituições; e águas cinzas, águas servidas provenientes das atividades domésticas, como banho e lavagens de roupas (BRASIL, 2015).

O efluente doméstico é caracterizado basicamente por parâmetros como temperatura, cor, turbidez e odor, os quais indicam seu grau de poluição com vista a adequá-lo a um tipo de tratamento específico. Os sólidos em suspensão definem a turbidez, a qual pode indicar presença de compostos tóxicos e de patógenos; os sólidos dissolvidos definem a cor; alterações na temperatura podem revelar a presença de despejos industriais (VON SPERLING, 2005).

3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES

O esgotamento sanitário pode ser definido como o conjunto de elementos destinados ao tratamento dos efluentes, desde a sua coleta nas unidades geradoras até a disposição final adequada, seja em um corpo hídrico seja no solo (SEZERINO *et al.*, 2018).

Os sistemas de tratamento de efluentes podem ser classificados em individuais ou coletivos. Estes últimos, são compostos por rede coletora, a qual transporta o efluente de diversas unidades residenciais e o direciona para a Estação de Tratamento de Esgoto, e necessitam de alto investimento para implantação e operação, não apresentando viabilidade de implantação em pequenas comunidades (SANTOS; ATHAYDE JUNIOR; GUEDES, 2019).

Assim, os sistemas individuais surgem como alternativa para essas localidades, atendendo apenas uma residência ou um pequeno conjunto delas. São sistemas descentralizados que tem como vantagens baixos custos e aproveitamento de biomassa e, no Brasil, são favorecidos pelas condições climáticas e ampla disponibilidade de territórios para implantação. Os mais comuns são os tanques sépticos e unidades complementares como sumidouro e filtro anaeróbio, os quais quando utilizados em associação, tem significativa eficiência na remoção da matéria orgânica (SANTOS; ATHAYDE JUNIOR; GUEDES, 2019).

O tratamento de efluentes pode ser dividido em níveis conforme os níveis de remoção de impurezas. Cada nível prepara o efluente para a etapa posterior. São divididos em Tratamento Preliminar, Primário, Secundário e Terciário. No Tratamento Preliminar se utiliza mecanismos como grades e caixa de areia para evitar a entrada de sólidos grosseiros, bem como realiza o ajuste do pH. O Tratamento Primário é a etapa que reduz os sólidos suspensos por meio de processos físico-químicos como sedimentação e coagulação/floculação (VON SPERLING, 2005).

Consoante o mesmo autor, o Tratamento Secundário se utiliza de processos biológicos, quer anaeróbios quer aeróbios, para redução da carga orgânica. São exemplos lodo ativado, lagoa de estabilização e filtros biológicos. O Tratamento Terciário é uma etapa que se utiliza de processos físico-químicos ou biológicos para a remoção de poluentes específicos, compostos por matéria orgânica, nutrientes, patógenos ou metais pesados para se obter um efluente de alta qualidade.

No Brasil, a infraestrutura voltada ao saneamento contempla regiões mais urbanizadas, de importância econômica/turística. São sistemas grandes e onerosos que tornam inviável o atendimento às comunidades rurais, pequenos núcleos urbanos e de baixo poder aquisitivo, os quais recorrem às soluções individuais como alternativa para tratamento dos efluentes, como tanque séptico. A unidade é recomendada em habitações providas de abastecimento de água para realização de tratamento primário, apresentando considerável redução de carga orgânica e sólidos sedimentáveis e deve ser seguido de elementos complementares para disposição final adequada, consoante os padrões estabelecidos pela Norma brasileira. Para residências ausentes de instalações prediais de água, são recomendadas as privadas higiênicas (BRASIL, 2015; TAVARES; ANDRADE SOBRINHO, 2017).

Muitas residências em núcleos urbanos fazem uso de fossas rudimentares, com métodos construtivos ineficientes e alto potencial poluidor, uma vez que não são atendidas com rede coletora de esgotos. Tal fato revela a necessidade do fomento às soluções individuais, como o conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio e as estações compactas, por representarem uma

alternativa eficiente reduzindo os danos ambientais, além de apresentarem simples construção e operação (CONCEIÇÃO, 2019; CAPITÓ *et al.*, 2020).

Os sistemas descentralizados de tratamento de esgotos dispõem de tecnologias normatizadas pela ABNT, destacando-se a NBR7229 - Projeto, construção e operação de tanques sépticos (ABNT, 1997) e a NBR 13969 - Projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementares e disposição final dos efluentes de tanques sépticos: procedimentos (ABNT, 1997).

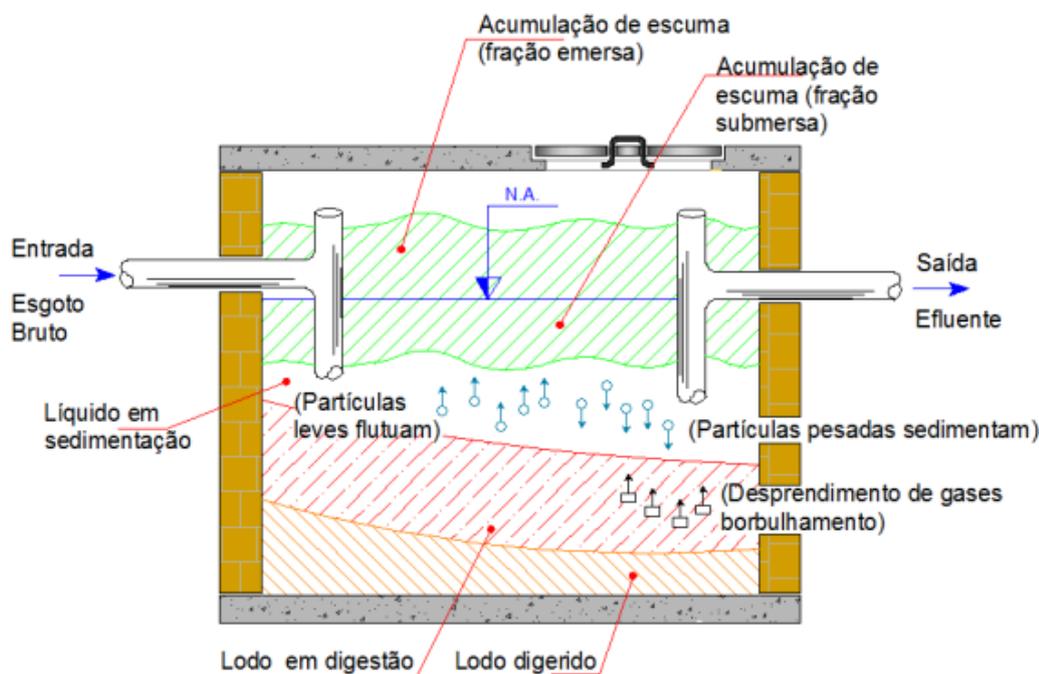
Além do tanque séptico e suas unidades complementares, Rodrigues *et al.* (2019) apresentam a fossa séptica biodigestora (FSB), a bacia de evapotranspiração (BET) e o círculo de bananeira (CB), como tecnologias alternativas para o tratamento descentralizado. Estes sistemas alternativos são admitidos para áreas rurais ou remotas pela Lei Federal nº 11.445/2007, a qual estabelece diretrizes para o saneamento básico nacional.

3.2.1 Tanque séptico (TS)

Tendo como justificativas a simplicidade e os baixos custos construtivo e operacional, o tanque séptico é a unidade de tratamento em nível primário descentralizado de efluentes que tem sido amplamente utilizada em pequenas comunidades. Também conhecido como Fossa Séptica, caracteriza-se como elemento cuja atuação consiste na separação e transformação das fases líquida e sólida, a qual sedimenta-se ao fundo do tanque devido ao fluxo reduzido da água residuária. A atividade microbiana anaeróbia no fundo do tanque promove a transformação do material sedimentado em compostos mais estáveis (JORDÃO; PESSOA, 2017). Contudo, segundo Rodrigues *et al.* (2019) a eficiência de remoção da matéria orgânica inferior a 50%, necessitando, assim, de tratamento complementar.

Na câmara do tanque, o líquido escoar no sentido horizontal facilitando a deposição dos sólidos em suspensão do esgoto bruto no fundo da caixa juntamente com bactérias, vírus, ovos de helmintos e, neste processo ocorre a remoção de parte dos patógenos, proporcional ao tempo de retenção e à temperatura. Os materiais flutuantes formam a espuma e necessitam de uma barreira para não saírem com o efluente para a próxima etapa (Figura 1) (BRASIL, 2018b; ATHAYDES; CRISPIM; ROCHA, 2018).

Figura 1 – Funcionamento de um tanque séptico



Fonte: NEVES *et al.* (2016).

O lodo e a espuma devem ser removidos periodicamente em intervalos equivalentes ao período de limpeza do projeto, conforme a NBR 7229, e o tanque pode ser construído em concreto, alvenaria ou outro material desde que sejam atendidas a resistência e durabilidade requeridas (ABNT, 1997).

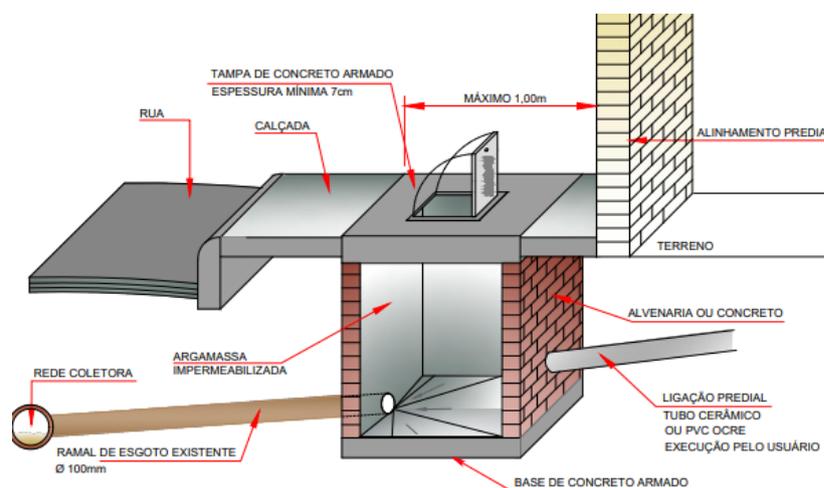
Segundo a NBR 7229 (ABNT, 1997), o referido tanque é, em sua essência, destinado ao tratamento de efluentes domésticos, podendo ser aplicada em unidades comerciais e industriais, se o uso for devidamente deslindado. A Norma traz exigências quanto às limitações de distância entre o tanque e poços freáticos, corpos hídricos, construções, bem como trata da necessidade de elementos complementares do tratamento com vistas a evitar maus odores e possível contaminação.

Para o caso de utilização do sumidouro como unidade complementar ao TS, pode haver fatores limitantes como o tipo de solo da região que dificulte a infiltração ou distância reduzida entre o fundo e o nível máximo do lençol freático, podendo ensejar contaminação. Destarte, outras unidades podem ser empregadas como a bacia de evapotranspiração (BET) e o círculo de bananeira (CB) (RODRIGUES *et al.*, 2019).

3.2.2 Caixas de Inspeção

A NBR 8160 (ABNT, 1999) tece exigências inerentes ao projeto, execução e manutenção dos sistemas prediais de esgoto. Dentre os dispositivos complementares apresentados, encontra-se a caixa de inspeção, definida como elemento destinado a vistoria, limpeza, desobstrução das tubulações e eventuais manutenções do sistema; além de ser instalada em descontinuidades, mudança de direção e declividade na rede de esgoto. A profundidade máxima é de 1,0 metro do nível do terreno e o distanciamento máximo de 25 metros de outros elementos de inspeção. A Figura 2 mostra uma caixa de inspeção e seus componentes.

Figura 2 - Representação da Caixa de Inspeção

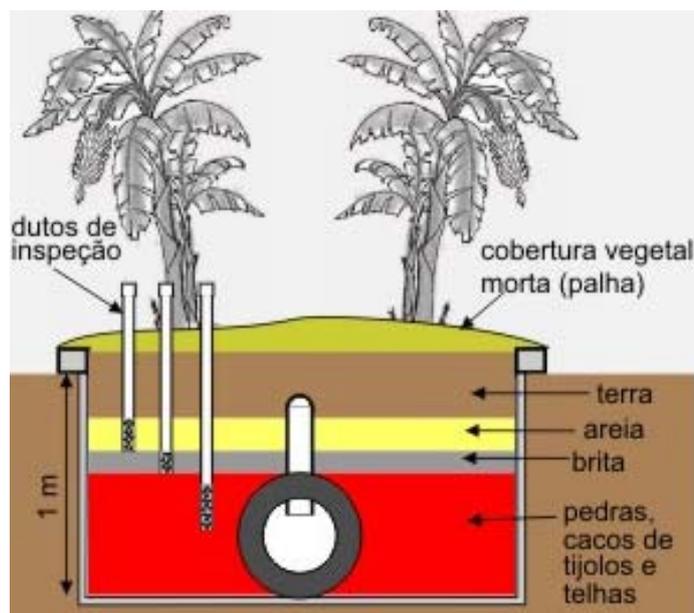


Fonte: SEMAE (2021)

3.2.3 Bacia de Evapotranspiração (BET)

A bacia de evapotranspiração (BET), popularmente conhecida como Fossa de Bananeiras, um sistema impermeável com tecnologia proposta para tratamento de águas residuárias, preenchido com camadas diferentes de substrato e câmara receptora, a qual armazena dejetos sanitários, onde ocorre a degradação microbiana da matéria orgânica. Esta câmara é constituída por materiais que permitem a passagem do efluente para a parte externa, o qual entra em contato com as plantas que consomem os nutrientes e realizam a evapotranspiração (Figura 3) (GALBIATI, 2009; COELHO; REINHARDT; ARAÚJO, 2018).

Figura 3 – Corte transversal de uma BET



Fonte: Vieira (2010).

Esta técnica foi desenvolvida pelo permacultor Tom Watson, nos EUA, denominada “Watson Wick” e, posteriormente, foi adaptada por permacultores brasileiros. Esta tecnologia visa a racionalização dos recursos naturais, produzindo baixo impacto ambiental, como contaminação do solo e dos corpos d’água (FBB, 2019). A BET é considerada um sistema de tratamento completo, realizando as etapas de armazenamento e transporte; separação de sólidos e gorduras; digestão da matéria orgânica; uso de nutrientes e redução de patógenos; reuso ou destino final; diminuição dos sólidos voláteis; redução da quantidade de lodo produzido, devido a presença de minhocas no solo, e a formação do húmus. Os insumos requeridos para inserção na BET podem ser recicláveis, o que confere menor custo e sustentabilidade ao projeto (BRASIL, 2018b; REZENDE,2021).

Como vantagens podem-se destacar: facilidade na construção e operação; realiza um tratamento completo; baixa manutenção; não aplicação de produtos químicos; impede a sobrecarga de estações de tratamento de esgotos; valorização paisagística; baixo risco de impactos ambientais, mitigando a poluição do solo e dos corpos hídricos. Entre as desvantagens tem-se a inexistência de Normas construtivas; contraindicado para locais com climas úmidos e frios, com alto índice pluviométrico; riscos de extravasamento devido à precipitação, o que diminui a eficiência do tratamento. Faz-se necessário cuidado no manejo das plantas que tenham contato com o solo inserido na BET, o qual contém expressivo teor de coliformes (GALBIATI, 2009; CAPITÓ *et al.*, 2020). Deve-se atentar para uma possível

colmatação ao longo dos anos de operação bem como para a impermeabilização correta, evitando, assim, riscos de contaminação nos entornos (REZENDE, 2021).

Consoante aponta Vieira (2010), o funcionamento da BET envolve os processos de degradação microbiana anaeróbia, decomposição aeróbia; precipitação e sedimentação de sólidos; bem como a movimentação da água por capilaridade, e pode ser descrito pelas seguintes etapas:

a) Fermentação: As bactérias presentes na câmara receptora dos efluentes (formada por pneus) realizam a decomposição da carga orgânica.

b) Segurança: A construção da BET deve ser feita de modo a evitar o lançamento de micro-organismos patogênicos ao meio ambiente, sendo vedadas as infiltrações e vazamentos.

c) Percolação: Esta ocorre em fluxo ascendente, onde os dejetos sólidos são confinados e degradados na câmara e o efluente passa pelas camadas do substrato, chegando até as raízes das plantas.

d) Evapotranspiração: Tal processo é princípio fundamental da BET, sendo de responsabilidade da vegetação o consumo os nutrientes e lançamento do fluido em forma de vapor, sem contaminantes.

e) Manejo: a cobertura vegetal morta serve como forma de proteção às inundações na BET, devendo ser colada na base das plantas de modo a evitar a entrada da água pluvial.

A BET detém altos índices de nutrientes como potássio (K) e cálcio (Ca) benéficos à vegetação inserida (SOUZA *et al.*, 2018). A zona de raízes auxilia no processo de evapotranspiração, onde cerca de 80% do efluente é liberado do tanque, buscando aproveitar-se da capacidade da natureza de autodepuração. Portanto, a BET permite devolver a água ao meio ambiente sem riscos, com baixa taxa de contaminação (MARCOS JÚNIOR *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2019).

Quanto ao tipo de cultivo na BET, é comum o uso da bananeira (Figura 4) em razão da sua elevada demanda hídrica, além de ser planta de rápido desenvolvimento (COELHO; REINHARDT; ARAÚJO, 2018).

Figura 4 – Bacia de evapotranspiração



Fonte: Baião *et al.* (2020).

A bananeira, a qual é denominação genérica para diversas espécies que fazem parte do gênero *Musa*, dentro da família das *Musaceas*, cujo fruto é um dos mais consumidos em todo o mundo. O país responsável pela maior produção da fruta é a Índia, com 28,1% da produção, depois a China com 10,1%, Filipinas com 8,6%, Equador com 7%, o Brasil com 6,9% e a Indonésia com 5,8%. A exacerbada quantidade de agrotóxicos em seu cultivo tem ensejado o aparecimento de pragas mais resistentes, trazendo maiores impactos ambientais e danos à saúde dos trabalhadores e consumidores (RIBEIRO *et al.*, 2012; SOUSA *et al.*, 2019).

Segundo o SEBRAE (2008, p. 11):

As bananeiras não são árvores; podem ser consideradas como “ervas gigantes”, cujos rizomas dão origem a raízes subterrâneas e pseudocaulas que emergem do solo em bainhas de folhas. Os cachos geram frutos abundantes, em forma de bagas alongadas, cujo formato lembra dedos (o nome banana vem justamente da palavra árabe para dedo, “banan”). A altura da planta varia de acordo com a sua espécie, podendo atingir até 7,5 metros.

Por ser um elemento fechado, a BET traz a vantagem do contato reduzido com os efluentes e um maior aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, auxiliando na produção de alimentos. É digno de nota que o termo “Fossa de Bananeira” pode ser entendido de forma errônea. As bananeiras não filtram os efluentes e sim, realizam o processo de evapotranspiração, sendo capazes de absorver grandes volumes de água. Ademais, também

podem ser utilizadas outras plantas de folhas largas como taiobas, mamoeiros, entre outros (FIGUEIREDO *et al.*, 2019; CAPITÓ *et al.*, 2020).

Tonetti *et al.* (2018) aponta estudos que comprovam a não contaminação microbiana ou bacteriana de alimentos e folhas de espécies cultivadas em BET, atestando sua segurança alimentar, contudo raízes e ou frutos colhidos do chão não são recomendadas para consumo.

Outra espécie recomendada para sistemas de tratamento de efluentes por plantas é a *Heliconia rostrata*, cujo florescimento ocorre durante todo o ano, a altura varia entre 0,99 a 6,6 m, pode estar em localidade com total exposição ao sol. Suas características são: maior área vermelha com porções amarelas na parte distal; lábio proximal esverdeado; sépala amarelo-clara; ovário branco; pedicelo branco e vegetação da família *Musaceae* (MOSCA *et al.*, 2004).

Quanto à técnica construtiva, Costa *et al.* (2019) destaca a alvenaria, o concreto armado e argamassa armada, conhecida popularmente como técnica “ferrocimento”, como as mais comuns, e sua escolha depende dos custos associados e da segurança no aspecto sanitário. Consoante Vieira (2010), a técnica argamassa armada (Figura 5) consiste na aplicação de grade de ferro e tela metálica e posterior aplicação da argamassa, procedimento realizado em todas as paredes bem como no fundo da bacia, para promoção da segurança estrutural. A argamassa da parede e do piso é composta por cimento e areia média. Pode-se usar uma camada de concreto sob o piso caso o solo não seja muito firme, funcionando como fundação. Este método requer menor utilização de insumos, propiciando menor solicitação estrutural devido à leveza das paredes.

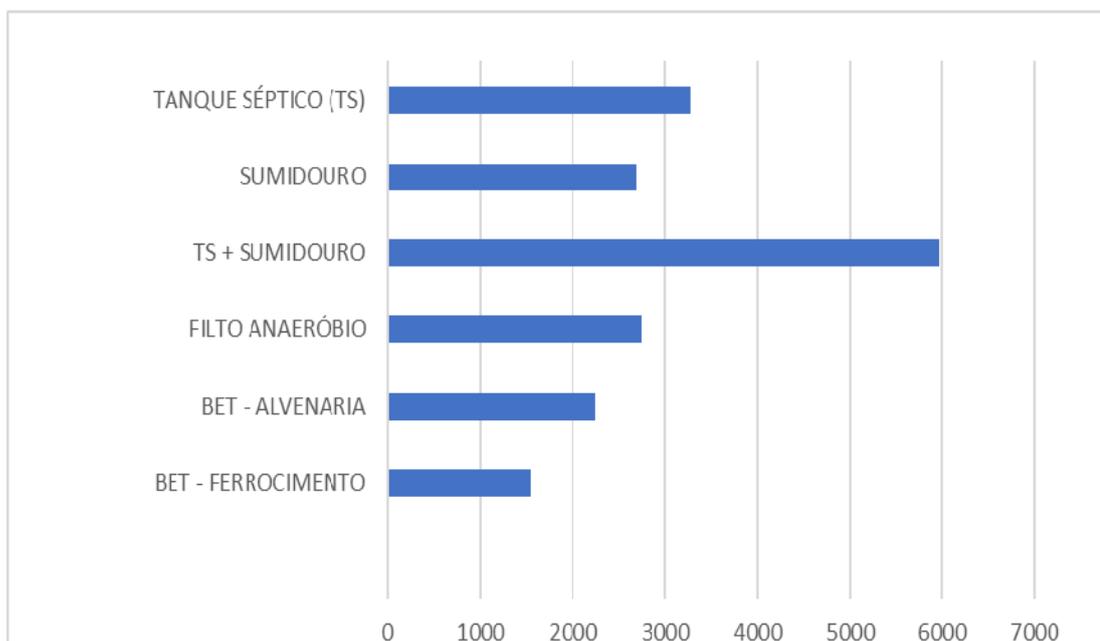
Figura 5 - Técnica argamassa armada em uma BET



Fonte: FBB (2019).

Gomes *et al.* (2020) analisaram os custos envolvidos na construção da bet em relação a outros sistemas de tratamento como filtro anaeróbio, tanque séptico, sumidouro, tanque séptico + sumidouro, onde observaram que a BET apresenta maior viabilidade econômica, tendo uma economia ainda maior quando é utilizado o método argamassa armada (Figura 6).

Figura 6 – Custos de implantação de tecnologias destinadas ao tratamento de esgoto



Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2020).

Costa *et al.* (2019) realizaram uma análise comparativa entre os métodos construtivos alvenaria, concreto armado e argamassa armada para uma BET, levando em conta custos de escavação, compactação, materiais e mão de obra, onde foi constatada uma economia de 18% quando da utilização do método argamassa armada.

3.2.4 Filtro Anaeróbio

Consoante a NBR 13969 (ABNT, 1997), alternativas exequíveis para pós-tratamento de efluente de tanque séptico como valas de filtração, lodo ativado por batelada, filtro aeróbio submerso e filtro anaeróbio, sendo este último o mais utilizado no Brasil. Quanto ao fluxo, fluxo que pode ser descendente, ascendente ou horizontal.

De acordo com o conceito disposto na NBR 13969 (ABNT, 1997), filtro anaeróbio com fluxo ascendente pode ser descrito como elemento “composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submerso, onde atuam micro-organismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica”, cuja retenção de biomassa é obtida pelos micro-organismos aderidos ao material de preenchimento ou suspenso nos espaços vazios. O efluente percola pelos vazios do dito leito passando pela biomassa ativa denominada biofilme (FRANÇA, 2012).

A imobilização da biomassa no material suporte é essencial para o bom desempenho do tratamento realizado pelo filtro, o qual necessita de manutenção regular para evitar o entupimento. Quanto à técnica construtiva, as mais recorrentes são em alvenaria de tijolos ou concreto; concreto pré-moldado; material plástico ou fibra de vidro. Materiais como pedras, anéis de plástico ou entulho cerâmico, podem compor o leito filtrante (BRASIL, 2018b).

Os filtros anaeróbios são vantajosas opção de pós-tratamento do tanque séptico, pois realiza processo biológico anaeróbio que apresenta menor consumo energético, requer menos área para implantação e produz menores quantidade de lodo (FRANÇA, 2012).

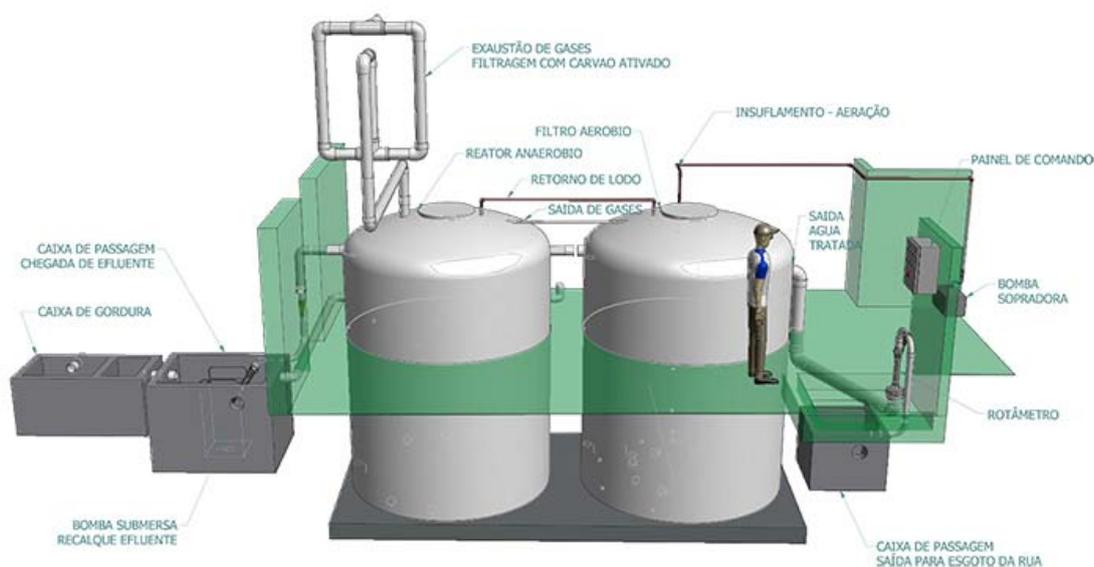
As faixas de eficiência na remoção de parâmetro físico-químicos quando da associação do filtro anaeróbio com o tanque séptico são apresentadas na NBR 13969 (ABNT, 1997), a saber, DBO_{5,20}: 40 e 75%; DQO: 40 e 70%; sólidos suspensos totais: 60 a 90% e sólidos sedimentáveis: acima de 70%.

3.3 ESTAÇÕES COMPACTAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ECTE)

No Brasil, estações de tratamento de efluentes de grande porte tratam reduzido percentual dos efluentes sanitários urbanos, sendo aplicadas soluções individuais, como fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro. Outra alternativa viável é a utilização das Estações Compactas de Tratamento de Esgoto (ECTE), as quais vem ganhando espaço nos sistemas descentralizados nas últimas décadas devido ao atendimento a um menor quantitativo de usuários e, por conseguinte, menores custos envolvidos (GOMES; HANSEN, 2019).

As etapas do tratamento envolvem degradação da carga orgânica com remoção de nutrientes, seguida da desinfecção final do efluente com vistas a obter os parâmetros legais de lançamento final mediante processos biológicos, como sistemas anaeróbio (com a ausência de oxigênio), aeróbio (com a presença de oxigênio) ou misto (combinação de anaeróbio e aeróbio), sendo os mais comuns reator UASB, tanque séptico – filtro anaeróbico, lodos ativados, aeração prolongada, lodos ativados com remoção biológica de nutrientes, filtro biológico e biofiltros aerados submersos (Figura 7) (SILVA, 2018; SANTIAGO, 2019).

Figura 7 – Esquema de uma Estação Compacta de Tratamento de Efluentes



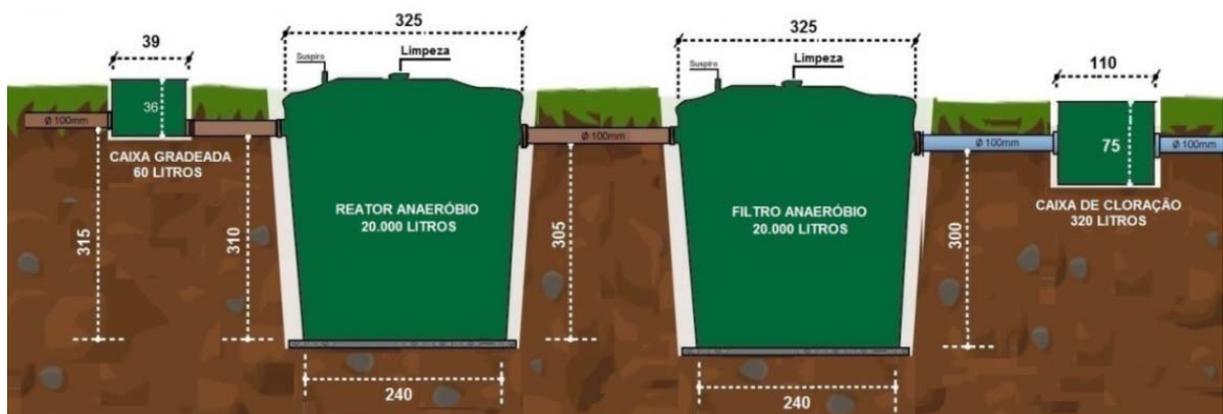
Fonte: ECOSUS (2021).

Caracterizada como um sistema simplificado, uma ECTE não demanda grandes áreas para implantação, possuindo apenas uma unidade ou pequenas unidades próximas entre si, uma vantagem para ser incorporado em cidades dada a valorização dos espaços urbanos; tem simplicidade na instalação, operação e no controle, não requer mão de obra especializada;

baixo impacto ambiental; reduzidos consumo de energia e produção de lodo; baixa demanda por produtos químicos; manutenção célere e precisa, minorando o tempo de retorno à operação. Entretanto, as ECTES envolvem maior mecanização, aumentando os custos operacionais (SILVA; DANTAS; OLIVEIRA, 2018; SILVA; NEVES; RIOS, 2018; SANTIAGO, 2019; HERZOG, 2020; MORAES, *et al.*, 2020).

Além disso, o referido sistema requer menor tempo de detenção hidráulica; dispensa decantadores primários, adensadores de lodo, digestores anaeróbios, com a utilização do reator UASB; produz níveis reduzidos de odor quando comparado aos sistemas de tratamentos por lagoas cujas emissões odorantes podem causar sérios impactos sobre o bem-estar da população que vive no entorno (Figura 8) (SILVA; DANTAS; OLIVEIRA, 2018). Ribeiro (2016) ressalta que o funcionamento eficiente da estação depende de acompanhamento operacional e manutenções periódicas.

Figura 8 – Esquema de um Sistema Compacto Anaeróbio de Tratamento de Efluentes



Fonte: Adaptado de PANTANAL SISTEMAS ECOLÓGICOS (2022).

Gomes e Hansen (2019) realizaram um comparativo entre um sistema compacto, composto por decantador primário, destinado a decantar sólidos inorgânicos, lodos ativados, decantador secundário tipo Dortmund e desinfecção, com um sistema convencional, composto por fossa séptica coletiva e filtro anaeróbico coletivo, e posterior lançamento do efluente tratado no corpo hídrico. Considerando os custos de implantação, o sistema compacto revelou-se aproximadamente 81% mais econômico que o sistema convencional. Além disso, os custos de operação e manutenção também se apresentaram mais vantajosos economicamente. Ademais, enquanto a ETE convencional não atendeu alguns parâmetros de qualidade, a ETE compacta atendeu todos os parâmetros para lançamento atingindo uma eficiência superior a 95%.

O sistema compacto possibilita, ainda, o aproveitamento de espaços públicos, como a sua associação a *wetlands* em parques, o que pode promover conscientização ambiental acerca da destinação e reuso do efluente sanitário (HERZOG, 2020; MATTAR; SILVEIRA, 2021).

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa pode ser caracterizada como aplicada, visto que obtenção de novos conhecimentos destinada a uma finalidade prática. Quanto a sua abordagem, a pesquisa pode ser classificada como quantitativa pois os dados obtidos podem ser mensurados e analisados em escala numérica, utilizando procedimentos que dão maior segurança e precisão aos resultados (RAMOS; RAMOS; BUSNELLO, 2003). Quanto ao objetivo a pesquisa pode ser classificada como exploratória, uma vez que possibilita a investigação de um problema com a finalidade de tecer hipóteses e aprimorar ideias (GIL, 2002).

Diante da relevância do assunto, foi realizada uma avaliação cienciométrica através de pesquisa de palavras-chave em inglês “sewage treatment” no sistema de busca da base *Scopus*, mediante Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (BRASIL, 2022), com vistas a verificar o avanço na temática tratamento de esgotos, onde foi possível verificar 60.550 publicações no período 2000-2021. Desse montante, o maior número de publicações foi nas áreas de Ciências Ambientais, com 43.969 publicações (40.8%) e Engenharia, com 9.580 (8.9%).

4.1 COLETA DE DADOS

A pesquisa foi realizada mediante a coleta de dados primários, através de pesquisa documental e entrevistas ao setor responsável do IFPE *Campus* Recife, sendo analisado seu sistema de esgotamento atual. Também foi realizada a coleta de dados secundários, por meio de pesquisa a revistas, livros, artigos de eventos e de periódicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. O levantamento bibliográfico consistiu ainda na busca de documentos oficiais bem como Normas e leis vigentes que regem o tratamento de efluentes nas esferas federal, estadual e municipal.

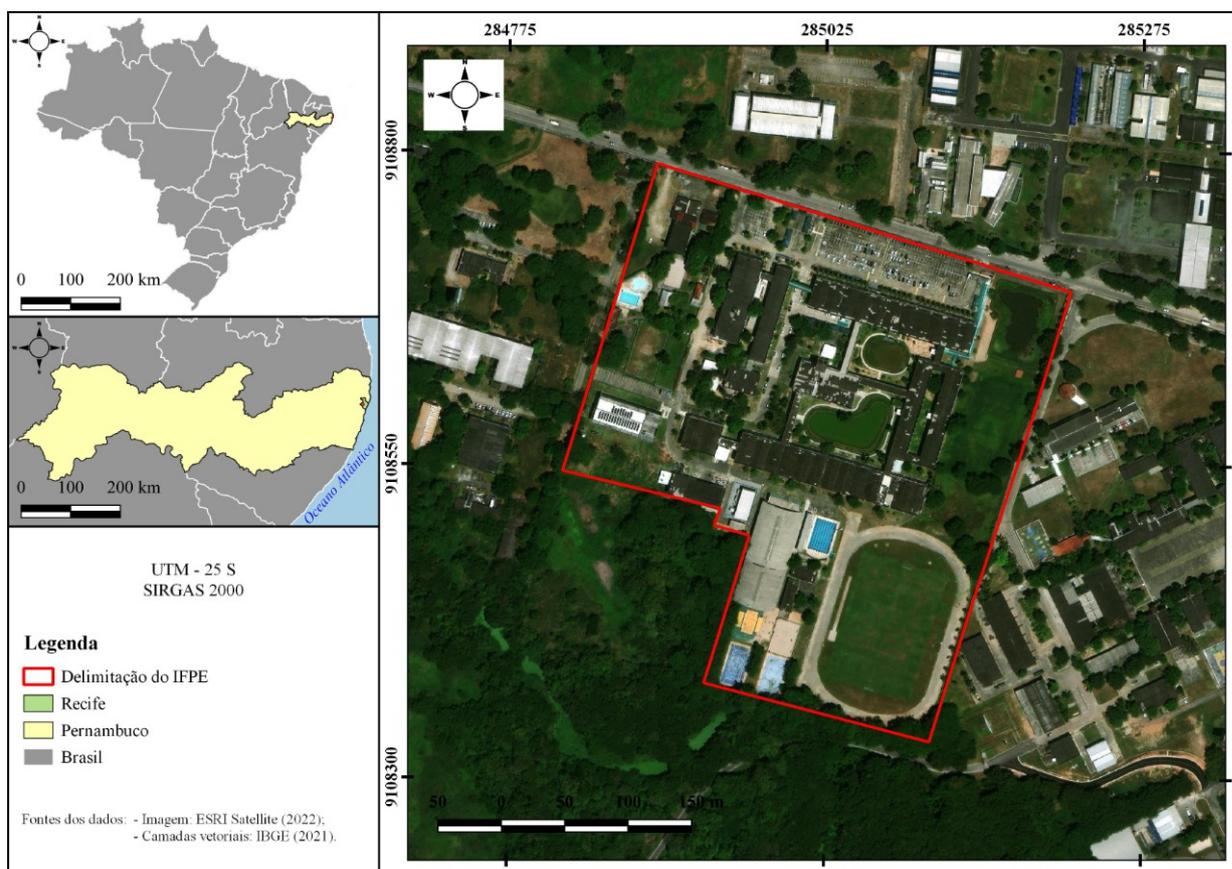
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no *Campus* Recife do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE localizado na Av. Luiz Freire, 500 – Curado (Figura 9), na cidade de Recife, Estado de Pernambuco, possuindo uma área de 120.559,92 m² (FONSECA JÚNIOR *et al.*, 2019). A cidade do Recife está compreendida em uma área de 217 km² e com 4 m de altitude média e enquadra-se entre a latitude (lat.) 8° 3' 15" S e longitude (long.) 34° 52' 53" W, do sistema de referência WGS84 (LIMA; MOREIRA; NÓBREGA, 2016).

O clima é o tropical-úmido (As', segundo a classificação climática de Köppen). A temperatura sofre influência das baixas latitudes com temperatura média de 25 °C amplitude térmica anual nunca superior a 5°C, com temperaturas médias superiores a 18°C no inverno, e umidade relativa do ar com valores médios anuais de 84%. A incidência de radiação solar é alta e a média de chuva anual está acima de 1.600 mm (NÓBREGA *et al.*, 2016).

De acordo com a Lei nº 18.770/2020 (RECIFE, 2020), a qual institui o Plano Diretor do município do Recife, a dita localidade pertence à Zona de Desenvolvimento Sustentável Capibaribe (ZDS Capibaribe) a qual está inserida nos entornos da rede hídrica principal e secundária ao longo do espaço urbano do Recife e se caracteriza pelo adensamento populacional médio e alto. Dessa Zona são requeridos a valorização da recursos naturais, o incentivo à preservação do patrimônio cultural, a requalificação dos espaços públicos e a promoção da integração entre bairros, objetivando a garantia do equilíbrio urbanístico-ambiental.

Figura 9 – Identificação do Instituto Federal de Pernambuco – *Campus Recife*



Fonte: A autora (2022).

Foram obtidas informações através de visitas de campo tencionando verificar a

viabilidade da implantação de um sistema sustentável de tratamento de efluente sanitário. A área de estudo foi delimitada a partir de imagens obtidas pelo Google Earth Pro.

No sistema sustentável proposto, os efluentes serão encaminhados para o tratamento primário, composto por Fossas Sépticas existentes, depois seguem para as Caixas de Inspeção, BET e filtro anaeróbio. Por fim, o efluente segue para microdrenagem, que direciona o efluente tratado para o riacho do Cavouco. Microdrenagem pode ser definida como obra de drenagem de menor porte que abrange área igual ou inferior a 2 Km² (TUCCI, 2016).

O dimensionamento da caixa de inspeção, do sistema BET e do filtro anaeróbio seguiu os parâmetros das NBR 8160 (ABNT, 1999), NBR 7229 (ABNT, 1997) e NBR 13969 (ABNT, 1997), respectivamente. Para a escolha da localização do sistema de esgotamento sanitário proposto, foi realizada a análise das curvas de nível do terreno, mediante levantamento de dados a serem obtidos por meio do Portal de Informações Geográficas da Cidade do Recife (ESIG - Recife), onde foi possível verificar de forma acurada o comportamento do relevo através das curvas de nível (Figura 10).

Figura 10 – Curvas de nível da área de estudo



Fonte: Adaptado de ESIG Recife (2021).

4.3 CAIXA DE INSPEÇÃO (CI)

As Caixas de Inspeção coletarão as águas servidas provenientes das Fossas existentes. O dimensionamento das CI seguiu os parâmetros da NBR 8160 (ABNT, 1999), a qual prescreve que a caixa deve ser ventilada; seus materiais não podem ser atacáveis pelo efluente sanitários; profundidade não seja superior a 1,00 m; a dimensão mínima para o lado interno de uma caixa de base quadrada ou retangular é de 0,60 m; a vedação deve ser removível; o fundo deve garantir o rápido escoamento para impedir a sedimentação.

A locação foi planejada com fins de evitar curvas nas tubulações que se ligarão a ela. A proposta para a laje de fundo da caixa foi feita conforme composição do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), cuja espessura é 3,0 cm. O método construtivo aplicado poderá ser o argamassa armada pois é menos dispendioso, conforme apresentado da Revisão Bibliográfica.

4.4 BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET)

Como etapa posterior às caixas de inspeção, foram previstas as BETs, receptoras de material majoritariamente líquido, uma vez que os sólidos ficarão retidos no tanque séptico. O dimensionamento do sistema BET ainda não é normatizado e, destarte, para esse projeto foram adotados os critérios da normatização brasileira para tanque séptico, a saber, NBR 7229 (ABNT, 1997).

Uma vez que seus critérios de dimensionamento se apresentam de modo similar ao do tanque séptico, a NBR 7229 (ABNT, 1997) foi tomada como referência para a confecção dos cálculos a equação:

$$V = 1000 + N \cdot (C \cdot T + K \cdot L_f) \quad (1)$$

Onde:

V = Volume útil em litros (L)

N = número de pessoas ou unidades de contribuição

C = Contribuição de despejos, em L/dia

T = Período de detenção, em dias (Tabela 2)

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Tabela 3)

L_f = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa.

O valor de referência da contribuição diária de esgotos por habitante para escolas (externatos) e locais de longa permanência é de 50 litros/pessoa.dia. O período de detenção de despejos varia de acordo com o volume da contribuição diária de despejos (ABNT, 1997).

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 (1997).

A Taxa de acumulação de lodo está relacionada com a média de temperatura do mês mais frio e com o intervalo de limpeza da bacia, conforme a Tabela 3.

Tabela 3- Taxa de acumulação de lodo (K) em dias, por intervalo de limpeza e temperatura do mês mais frio.

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

Fonte: NBR 7229 (1997).

A obstrução dos vazios no interior da BET devido ao acúmulo de sólidos pode se dar a partir um período de 5 a 10 anos de uso. Neste caso, recomenda-se a renovação de parte do meio suporte (BUENFIL, 2005). Uma vez que não há acúmulo de lodo na BET, a parcela $K \cdot L_f$ da Equação 1 foi considerada nula.

Dado que a BET é preenchida por material filtrante, o volume deste material interfere nas dimensões finais da bacia. Desse modo, o volume calculado deve considerar a porosidade do substrato (45%) evitando, assim, o subdimensionamento do sistema (BUENFIL, 2005).

Quanto ao método construtivo da BET, em sua impermeabilização da BET poderá ser adotado o método argamassa armada. Recomenda-se o uso de um impermeabilizante para dar maior garantia à estrutura.

A próxima etapa será a organização de um duto formado pelo alinhamento de pneus usados, sem rejunte, o qual recebe o efluente gerado e lança na área adjacente composta por uma camada de entulho preenchida até a altura dos pneus. Esta primeira camada permite a criação de um espaço adequado para proliferação dos micro-organismos que vão degradar a matéria orgânica. A introdução do efluente na BET é feita mediante tubulação que atravessa até a metade do diâmetro do pneu (Figura 11) e lança o esgoto na câmara de pneus (Figura 12) (VIEIRA, 2010; OLIVEIRA; LEAL, 2017).

Figura 11 – Perfuração do pneu para entrada do efluente



Fonte: Vieira (2010).

Figura 12 – Câmara de pneus em uma BET



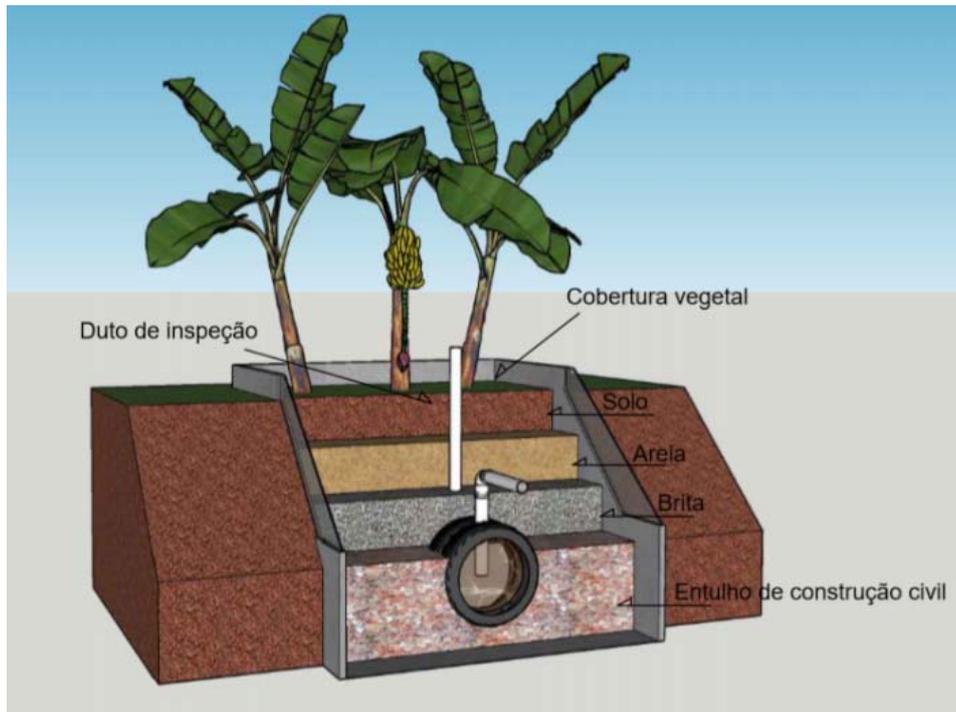
Fonte: Vieira (2010).

Será introduzida uma manta geotêxtil antes da camada de brita com vistas a evitar uma possível obstrução na câmara de pneus (CRISPIM *et al.*, 2019). Posteriormente, será introduzida uma camada de brita, a qual possibilita o desenvolvimento das raízes da vegetação, e uma camada de areia, cuja importância é a sua função de isolamento, evitando que os odores sejam liberados do sistema. No intermédio das camadas de brita e areia, será aplicada a manta geotêxtil para obstar a passagem da areia e vedar os espaços entre a brita. Por fim, será inserido o solo da própria região que vai até o limite superior da bacia, sendo rico em matéria orgânica e com características mais arenosas do que argilosas (VIEIRA, 2010).

Ainda segundo o autor, a BET deve ser selada com uma última camada acima do seu nível composta por palha, bem como deve ser mantido o material vegetal que cai da vegetação implantada com vistas a impedir a submersão devido à precipitação pluviométrica. Além disso, é recomendada a inserção de uma fiada de tijolos nos entornos da bacia para evitar a entrada da água que escorre pelo solo. No plantio devem ser utilizadas espécies de plantas de folhas largas.

O Corte Transversal da BET está representado na Figura 13.

Figura 13 – Corte transversal do sistema BET proposto



Fonte: Adaptado de Emater-MG (2016).

Em razão do alto volume de contribuição para o sistema BET, este não será fechado, tendo saída parcial do efluente por meio da transpiração da vegetação e o excedente será direcionado para o filtro anaeróbico.

4.5 FILTRO ANAERÓBICO

O efluente excedente recebido pelo filtro representa 20% do volume total, visto que 80% do volume afluente da BET é liberado do sistema por meio da evapotranspiração (SOUZA *et al.*, 2018). Os critérios técnicos foram baseados na NBR 13969 (ABNT, 1997), sendo adotada a seguinte equação para o dimensionamento:

$$Vu = 1,6 \cdot N \cdot C \cdot T \quad (2)$$

Onde:

Vu = volume útil do filtro, em litros

N = número de contribuintes (hab.)

C = contribuição de despejos, em litros / habitantes x dia

T = tempo de detenção hidráulica, em dias.

O tempo de detenção de despejos varia de acordo com o volume da contribuição diária

de despejos e adota a tabela 2 do item 4.4.

O filtro exerce a função de polimento, visando aumentar a eficiência do tratamento e atender os padrões de lançamento da Resolução CONAMA N° 430/2011. Isto posto, considera-se ainda a redução do volume calculado em 50%.

Quanto à seção horizontal do filtro, a expressão é a seguinte:

$$S = \frac{Vu}{H} \quad (3)$$

Onde:

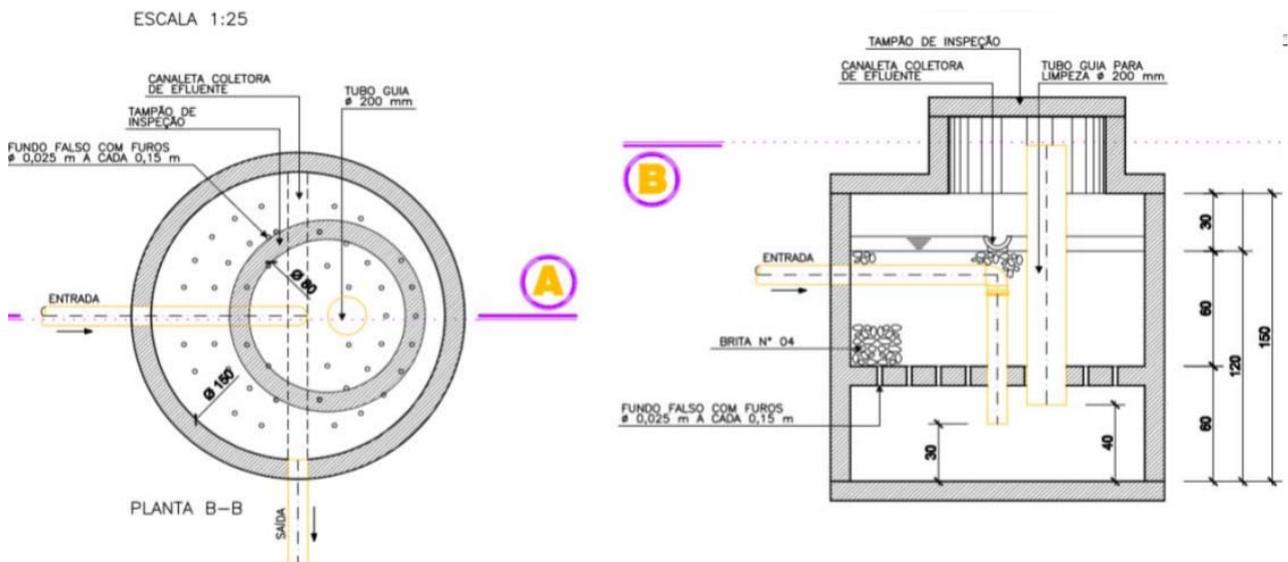
S = seção horizontal

H = profundidade útil do filtro: 1,80 m.

Vu = volume útil do filtro, em litros

A profundidade útil do filtro tem o valor de 1,80 m pela NBR 13969 (ABNT, 1997), visto que a altura do material que preenche o filtro é estabelecida com o valor de 1,20 m bem como o fundo falso e a espessura da laje devem totalizar a altura de 0,60 m. O método construtivo do filtro anaeróbico seguirá a técnica argamassa armada, à semelhança da BET. O leito filtrante do filtro anaeróbio será composto por um enchimento de pedras. O esquema do filtro anaeróbio está representado na Figura 14.

Figura 14 - Vista em planta e corte do filtro anaeróbico com fluxo ascendente



Fonte: Wendling *et al.* (2018).

As prescrições constantes na NBR 13969 (ABNT, 1997) acerca do material filtrante

são as seguintes:

- a) brita, peças de plástico (em anéis ou estruturados) ou outros materiais resistentes ao meio agressivo. No caso de brita, utilizar a nº 4 ou nº 5, com as dimensões mais uniformes possíveis. Não deve ser permitida a mistura de pedras com dimensões distintas, a não ser em camadas separadas, para não causar a obstrução precoce do Filtro; b) a área específica do material filtrante não deve ser considerada como parâmetro na escolha do material filtrante.

4.6 COMPARATIVO DAS PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS DO SISTEMA SUSTENTÁVEL E DO SISTEMA COMPACTO

O primeiro passo para a execução do orçamento foi o levantamento dos quantitativos de insumos, serviços e mão de obra envolvidos em cada etapa da obra mediante confecção da Memória de Cálculo, a qual fornece as informações técnicas para efetivação dos serviços. A partir dos quantitativos obtidos, foram realizadas as Composições de Custos Unitários dos itens tomando como base os preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, o qual faz parte do sistema da Caixa Econômica Federal – CEF, referente ao estado de Pernambuco e ao ano de 2022 para o levantamento do preço médio. O dito sistema é o instrumento norteador da análise para custos de obras urbanas (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020), o qual contém composições de custos unitários dos itens.

Além do SINAPI, outros sistemas também foram utilizados nas Composições de Custos Unitários, como Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA, Orçamento de Obras de Sergipe – ORSE e Companhia Paulista de Obras e Serviços – CPOS.

O custo de implantação de uma BET é considerado baixo e sofre a influência de fatores regionais, sendo o método construtivo um dos principais fatores de influência no custo final (CAPITÓ *et al.*, 2020). Além da execução da obra, outro fator importante a ser ponderado no orçamento é o tempo despendido para o desempenho das atividades (SANTOS *et al.*, 2016). Para tal, foi organizado um cronograma físico financeiro constando a discriminação detalhada dos recursos e dos prazos para efetuação de cada etapa.

O Cronograma físico financeiro é um item impreterível nas obras públicas, cuja funcionalidade consiste no acompanhamento da execução da obra de modo a assegurar a entrega da obra no período estabelecido, minorando dispêndios e subsidiando a logística de insumos e mão-de-obra, a fim de evitar paralizações, as quais podem culminar no pagamento de multas e na perda de materiais (PIMENTEL *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2016; ZAROR; MIURA, 2020).

Os orçamentos das Estações Compactas de Tratamento de Efluentes, por sua vez, foram obtidos mediante solicitação de cotações com 3 (três) empresas especializadas na fabricação desse tipo de sistema. De posse das ditas cotações, foi possível realizar o comparativo dos custos de implantação do sistema sustentável com o sistema compacto e, assim, avaliar qual alternativa tem maior viabilidade de implantação e operação no IFPE.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse item, são apresentados os resultados obtidos para o dimensionamento dos elementos do sistema sustentável projetado para o IFPE – *Campus* Recife, bem como a sua análise orçamentária, envolvendo os custos de implantação e operação, mediante o uso de tabelas, gráficos e figuras. Através da realização de cotações de preços com empresas especializadas em Estações Compactas de Tratamento de Esgoto, foi possível tecer a discussão comparativa relativa à viabilidade financeira dos sistemas de esgotamento sanitário e, assim, fornecer subsídios a tomada de decisão.

5.1 SISTEMA SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Com base nas informações fornecidas pelo Instituto Federal de Pernambuco Campus Recife, atualmente o Instituto atende 6000 discentes, 410 docentes, 380 funcionários do setor administrativo. O sistema de esgotamento sanitário utilizado é composto por 2 (duas) Fossas Sépticas e valas de infiltração (Figuras 15 e 16) com disposição final em um lago artificial do *Campus* (Figura 17).

Figura 15 – Fossa séptica do Instituto (IFPE)



Fonte: A autora (2022).

Figura 16 – Local das valas de infiltração do Instituto



Fonte: A autora (2022).

Figura 17 – Esquema do sistema de esgotamento sanitário do Instituto



Fonte: Fonseca Júnior *et al.* (2019).

No presente projeto, o sistema é composto por tanques sépticos existentes, seguidos de

caixas de inspeção, sistemas BET, filtros anaeróbios e, por fim, o efluente tratado segue para o Riacho do Cavouco por meio do canal de microdrenagem do Instituto (Figura 18).

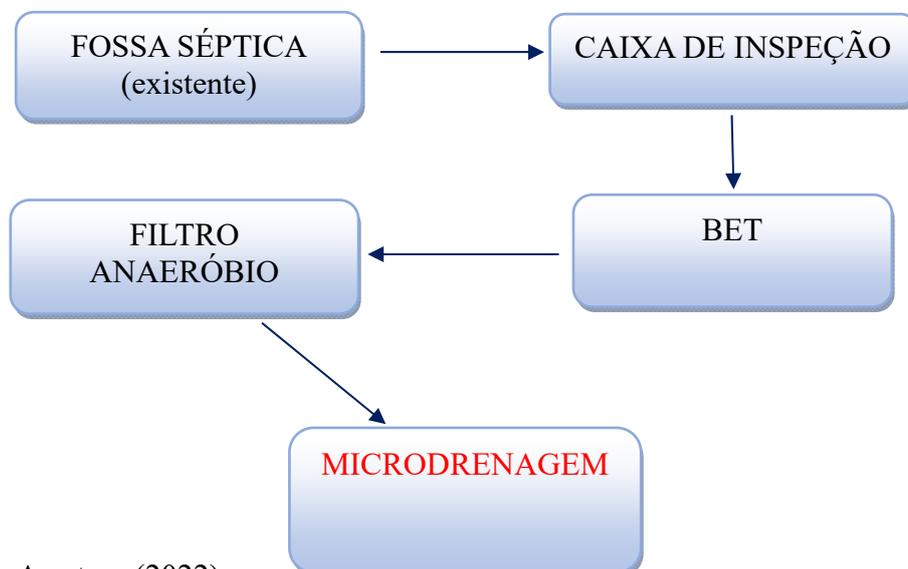
Considerando a observância dos desníveis do terreno e o aproveitamento dos elementos existentes, como os tanques sépticos, a locação do sistema proposto foi prevista na área atualmente ocupada pelas valas de infiltração para que não sejam necessárias grandes alterações nas instalações hidrossanitárias do Instituto. O Esquema do dito sistema está representado na Figura 19.

Figura 18 – Canal de Microdrenagem do IFPE – *Campus Recife*



Fonte: A autora (2022).

Figura 19 – Diagrama das etapas do sistema de tratamento de efluentes proposto



Fonte: A autora (2022).

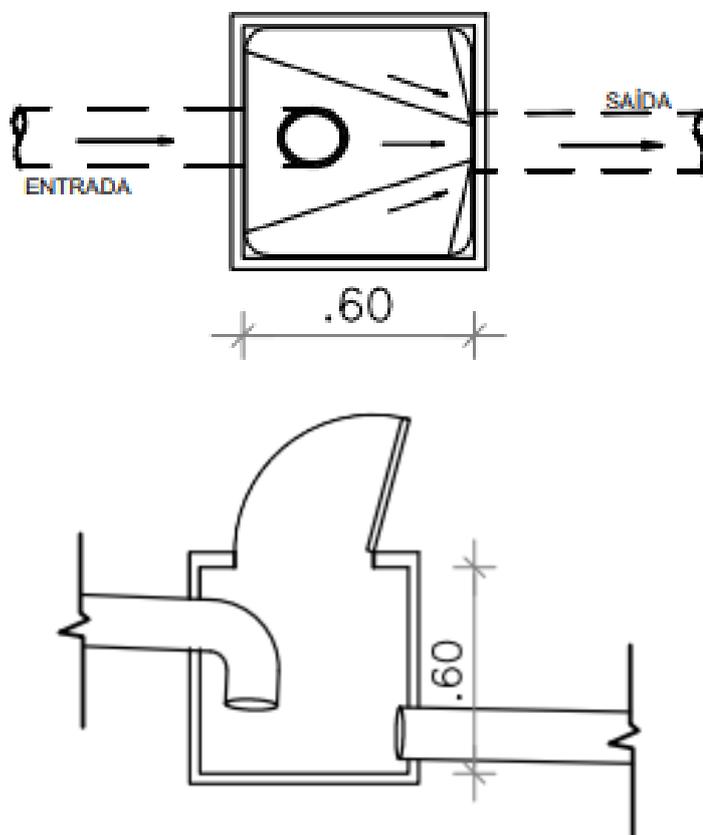
A seguir, serão apresentados os parâmetros de projeto para o dimensionamento do sistema proposto, além da análise orçamentária envolvendo os custos de sua implantação.

5.1.1 Caixa de Inspeção (CI)

A locação das Caixas de Inspeção será disposta após os tanques sépticos existentes, visando facilitar o monitoramento, a limpeza e evitar obstruções, aumentando a vida útil do sistema. Consoante as recomendações da NBR 8160 (ABNT, 1999), foram previstas 6 (seis) CI com volume no valor de $0,22 \text{ m}^3$, cujas dimensões são: $0,6 \times 0,6 \times 0,6 \text{ m}$ (Figura 18), cada uma interligada a uma BET.

A confecção das Caixas de Inspeção poderá seguir a técnica argamassa armada, onde o solo recebe lastro de concreto magro de 3,0 cm de espessura e as paredes são compostas por tela de arame galvanizado, tipo tela de metálica, e argamassa na proporção 1:3 (em volume de cimento e areia média).

Figura 20 – Planta baixa e corte da Caixa de Inspeção



Fonte: A autora (2022).

5.1.2 BET

A locação das bacias de evapotranspiração será disposta após as Caixas de Inspeção. Na seleção da área de implantação da BET foram analisados critérios como posição do sol (hemisfério sul) e locais ensolarados e ausência de elementos que impeçam a ventilação, como vegetação de frondosa nos entornos, visando a criação de um ambiente com condições ideais para o desenvolvimento dos cultivos. O sistema é contra recomendado para regiões com temperaturas muito baixas (OLIVEIRA *et al.*, 2018; CAPITÓ *et al.*, 2020)

Uma vez que a BET segue as prescrições da NBR 7229 (ABNT, 1997), deverão ser observadas as distâncias horizontais mínimas computadas a partir da face externa da BET, a saber, 1,50 m de construções e limites de terreno; 3,0 m de indivíduos arbóreos e de rede pública de abastecimento de água; 15,0 m de poços freáticos e de quaisquer corpos hídricos.

É primordial a observância dos parâmetros normativos de modo a evitar o seu mal funcionamento, fazendo-se necessária a atuação de um profissional capacitado nas etapas de elaboração e execução do projeto tencionando dimensionamento e operação corretos (CAPITÓ *et al.*, 2020).

Considerou-se o quantitativo de 7.000 usuários e o valor de consumo de 50 litros/pessoa.dia (valor de referência para um instituto educacional). O tempo de detenção (T) na bacia foi de 12 horas (0,5 dia) e a porosidade do substrato com valor de 45%.

Visto que a dita Norma estabelece o volume máximo no valor de 75 m³, foram obtidas 6 (seis) BET com volume de 66 m³, cujas dimensões são: 4 m x 11 m x 1,5 m (Figura 21).

A BET deve ser resistente às cargas e às pressões horizontais de terra. Assim, a primeira etapa será a confecção da laje de fundo, que é o lançamento do lastro de concreto magro com espessura de 3,0 cm. Conforme a metodologia deste trabalho, as paredes seguirão a técnica argamassa armada, cuja armação é a tela metálica, argamassa de cimento e areia de traço 1:3 e com aditivo impermeabilizante.

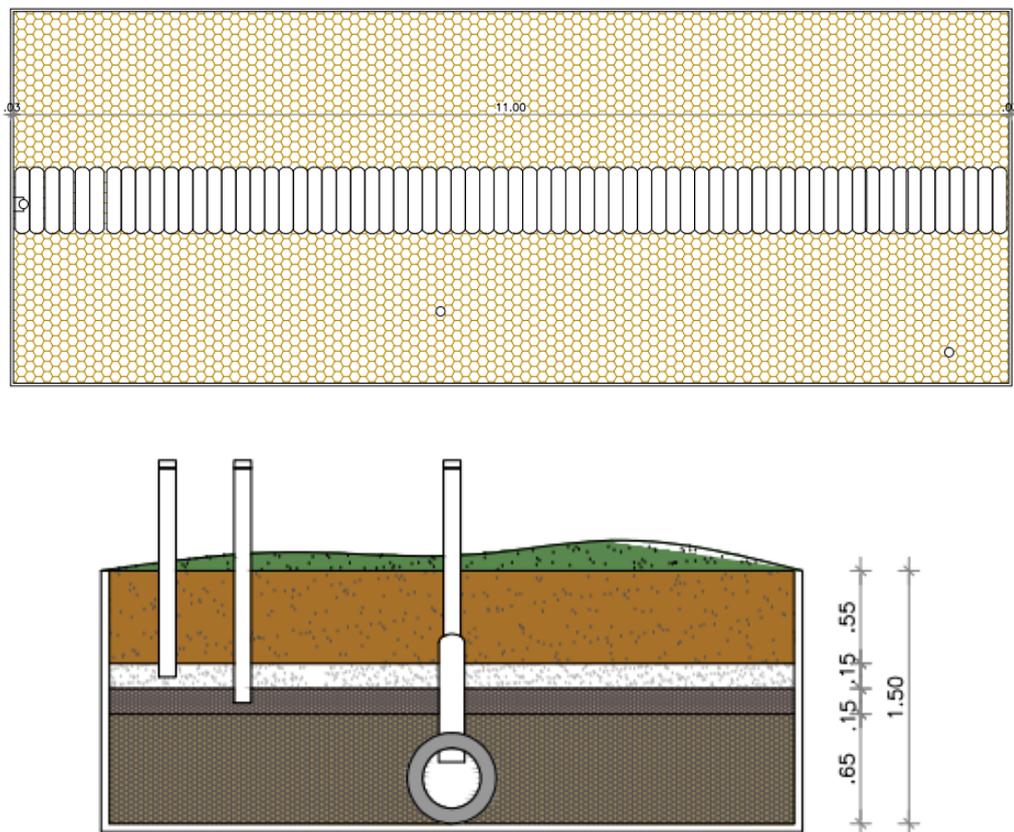
Após a realização do teste de estanqueidade, a Bacia receberá a câmara formada por pneus de 19 cm de largura, 55 cm de altura e material de entulho da construção civil com 65 cm de altura em seu entorno. Os vazios formados entre o entulho proporcionarão a passagem do efluentes para as camadas superiores. Para a entrada do efluente no sistema, será prevista a sua canalização para o sistema BET mediante tubo PVC DN 150 mm, o qual será fixado em um furo de um dos pneus que compõem a câmara receptora. Será necessária a instalação de três dutos de 100 mm de diâmetro, os quais servirão como dutos de inspeção e coleta de

amostras do efluente e não deverão ser vedados objetivando a eliminação do gás metano produzido (VIEIRA, 2010; ROCHA, 2021).

Para a composição da segunda camada será utilizada a brita (cerca de 15 cm) seguida de manta geotêxtil tipo bidim, cuja utilização é recomendada entre a camada de brita e areia para evitar a passagem de particulado para as outras camadas. Na terceira camada será aplicada areia (cerca de 15 cm) e a quarta camada será composta por solo arenoso (cerca de 55 cm). A BET apresenta as características conforme a Tabela 4 a seguir (BET).

BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	
Volume útil (m ³)	66,0
Dimensões (m) (LxCxP)	4 x 11 x 1,5
Camada de solo (m)	0,55
Camada de areia (m)	0,15
Camada de Brita nº 3 (m)	0,15
Camada de entulho(m)	0,65
Quantidade de pneus (unid.)	58
Altura da camada de pneus (m)	0,55

Figura 21 – Planta baixa e corte da BET



Fonte: A autora (2022).

Com vistas a evitar alagamento na BET devido às águas pluviais, o solo da superfície deverá ter maior volume no centro, acima do nível da fiada de tijolos que fica na borda, bem como preconiza-se a introdução de materiais, como restos vegetais, acima do nível do tanque (VIEIRA, 2010; OLIVEIRA; LEAL, 2017).

Na etapa final, poderão ser cultivadas espécies de folhas largas, a saber, bananeira (*Musa spp*) e Helicônia (*Heliconia rostrata*), as quais demandam altos níveis de água e rápido crescimento. Ressalta-se que a vegetação deverá ser estabelecida em solo fértil em tempo hábil para sua adaptação e posterior exercício no tratamento do esgoto.

As mudas das bananeiras serão distribuídas em metade da BET (22m²), em cavidades preenchidas com solo e matéria orgânica, com dimensão de 0,3 m x 0,3 m x 0,3 m, sendo posicionadas com inclinação para fora para viabilizar o manejo e colheita dos frutos (VIEIRA, 2010). Adotando um espaçamento de 2,0 m entre os rebentos, serão introduzidas 6 mudas na BET. Na área restante, correspondente a ½ da área total, serão distribuídas as helicônias, com o espaçamento de 0,4 m entre si, totalizando 138 mudas.

O sistema requer uma manutenção mínima, mas necessária, a qual envolve podas, colheita de frutos, remoção de mudas e da vegetação seca (GALBIATI, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2019).

Concernente à eficiência do tratamento realizado pela BET, a Tabela 5 explicita alguns trabalhos os quais verificaram a eficiência na redução de parâmetros como DBO, DQO, Sólidos Totais e Turbidez.

Tabela 5 – Porcentagens de remoção dos parâmetros físico-químicos do efluente na BET, consoante diferentes autores

Autores	Parâmetros Analisados			
	DBO (%)	DQO (%)	Sólidos Totais (%)	Turbidez (%)
Galbiati (2009)	80	44	90	82
Pires (2012)	95-98	95-98	>97	79 a 86
Bernardes (2014)	-	76	-	74
Athaydes, Crispim e Rocha (2018)	91	69	-	-
Souza <i>et al.</i> (2018)	80	52	66	85
Machado <i>et al.</i> (2020)	80	44	90	81

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2018).

Oliveira *et al.* (2018), realizou análises físico-químicas, incluindo parâmetros de DBO, DQO, Nitrogênio amoniacal, sólidos Totais, em BET, Fossa Séptica e *Wetland* visando obter um comparativo entre suas eficiências, donde obteve um maior desempenho da BET em relação aos demais sistemas, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados das análises físico-químicas do efluente em três sistemas diferentes

Parâmetros Analisados	BET		Efic. %	Fossa séptica		Efic. %	Wetland		Efic. %
	Entrad.	Saída		Entrad.	Saíd.		Entrad.	Saíd.	
DBO (mg/L)	893	44,6	95	1427	185,5	87	107	12	89
DQO (mg/L)	1723	137,8	92	1067	117,3	89	241	27	88
Nitrogênio Amoniacal(mg/L)	104,2	11,98	88	110	35,2	68	45	20	56
Sólidos Totais(mg/L)	1137,5	11,37	99	969,7	90	92	240	17	93

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2018).

Rezende (2019) constatou a viabilidade do cultivo de alface e rúcula no sistema BET, observando um ganho médio de produtividade da alface em 20% e cerca de 5% da rúcula em relação ao sistema convencional de cultivo. Coelho, Reinhardt e Araújo (2018) realizaram análise microbiológica de vegetais cultivados em BET, a saber, tomate, banana, malvarisco e pimenta, considerando a presença de *Escherichia coli* (pertencente ao grupo de coliformes termotolerantes) e *Salmonella* spp., os quais são os agentes mais comuns em alimentos contaminados, e constataram que os vegetais estão aptos para o consumo, contanto que sejam resguardados os cuidados com o manuseio dos vegetais.

5.1.3 Filtro Anaeróbio

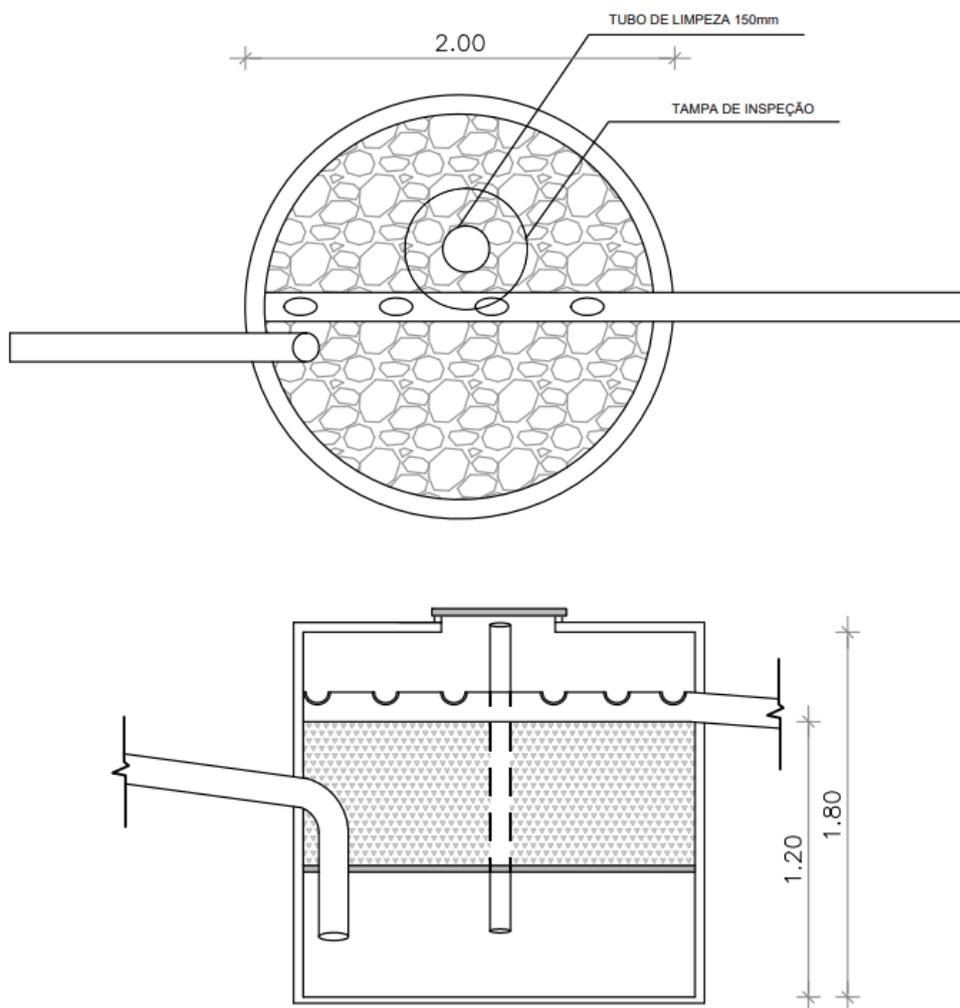
A locação dos filtros será disposta após as bacias de evapotranspiração. O dimensionamento seguiu os parâmetros da NBR 13969 (ABNT, 1997). Considerou-se o quantitativo de 7.000 usuários, a contribuição per capita de 50 litros/pessoa.dia (valor de referência para um instituto educacional), o tempo de detenção (T) no filtro foi de 12 horas (0,5 dia). Vale salientar que o volume do efluente de entrada no filtro representa 20% do volume do afluente da BET, conforme explicitado na Metodologia.

Obtiveram-se 6 (seis) filtros anaeróbios com formato cilíndrico com volume de 5,6 m³, cujas dimensões são: diâmetro interno de 2,00 m e profundidade no valor de 1,80 m (Figura 22).

As características do filtro são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Características da Filtro Anaeróbio	
FILTRO ANAERÓBIO	
Volume útil (m ³)	5,6
Diâmetro (m)	2,0
Altura do Filtro (m)	1,8
Altura do leito filtrante (m)	1,2
Altura da calha coletora (m)	0,1
Altura sobressalente (m)	0,2

Figura 22 – Planta baixa e corte do Filtro Anaeróbio



Fonte: A autora (2022).

À semelhança da Caixas de Inspeção e da BET, o método utilizado para construção do filtro será a argamassa armada, cujas paredes são compostas por tela metálica e argamassa de cimento e areia média de traço 1:3. Na base será lançado lastro de concreto magro com

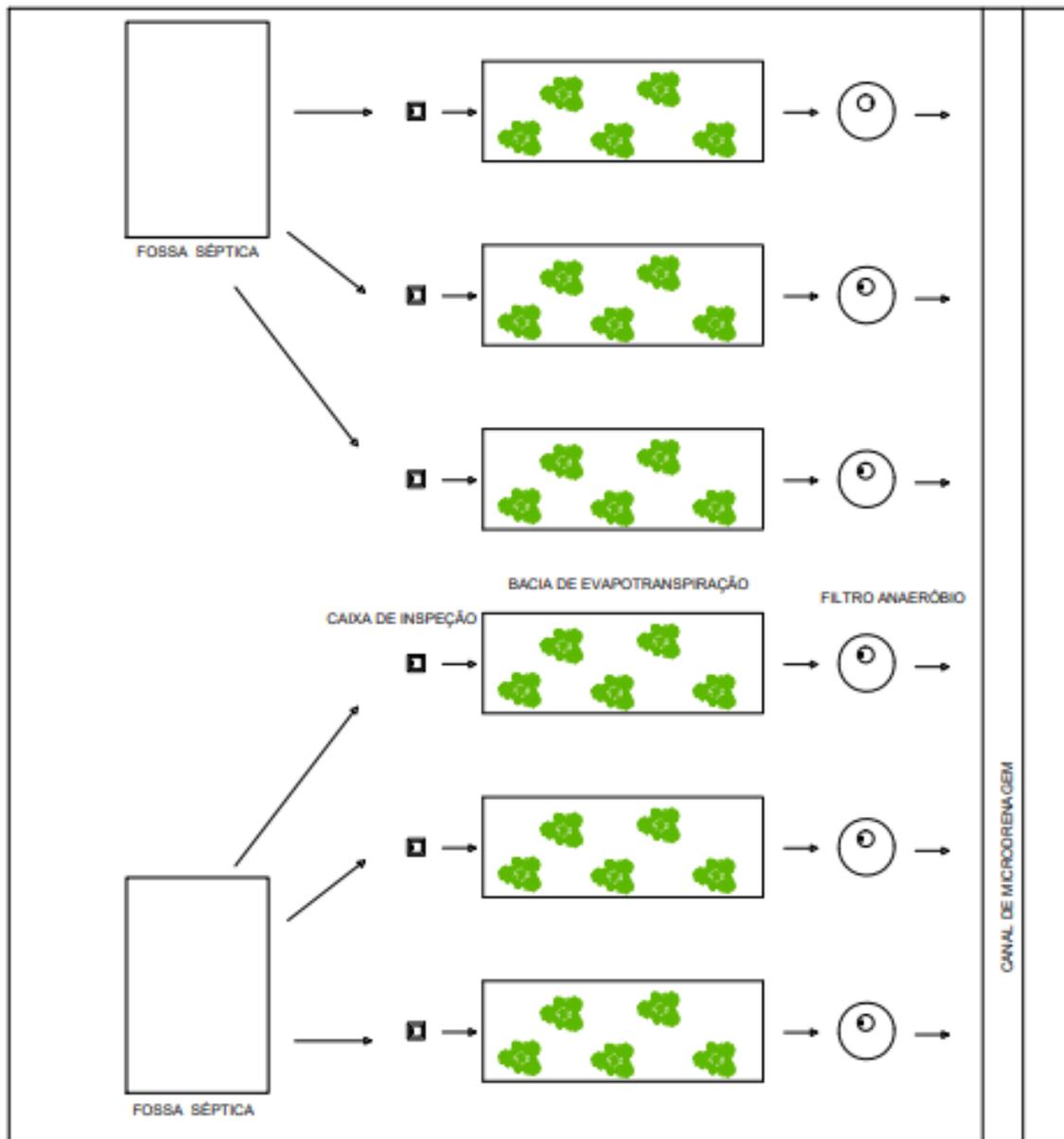
espessura de 3,0 cm. O material do leito filtrante escolhido poderá ser a brita nº 5.

O esgoto afluente será distribuído no fundo do filtro através de tubos verticais (DN 150 mm) com bocais perpendiculares ao fundo plano e percola pelo leito filtrante em fluxo ascendente. O efluente tratado será coletado no tubo perfurado de PVC localizado na parte superior do filtro (DN 150 mm).

A NBR 13969 (ABNT, 1997) recomenda a realização da manutenção sempre que houver obstrução do meio filtrante. A tampa de inspeção é destinada à realização de vistorias periódicas e limpeza do filtro, intencionando evitar a emissão de maus odores, vazamentos e ineficiência de tratamento.

A Figura 23 apresenta o esquema de todos os elementos do sistema sustentável de tratamento de efluente sanitário proposto para o IFPE – *Campus* Recife.

Figura 23 – Representação do sistema sustentável de tratamento de efluente sanitário para o IFPE Campus Recife.



Fonte: A autora (2022).

5.2 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA DO SISTEMA SUSTENTÁVEL

Com a obtenção das dimensões de cada elemento do sistema, foi possível produzir o orçamento do sistema sustentável (Apêndice A). A Memória de Cálculo dos procedimentos envolvidos em cada etapa, conforme o explicitado no Apêndice B.

A partir das composições de itens similares encontrados no SINAPI e de outras fontes de preço, bem como dos resultados da Memória de Cálculo, foram confeccionadas as composições dos custos unitários adaptadas às especificidades de cada etapa do sistema

proposto, tais como tipo de escavação, tipo de fundação, traço do concreto, tipo da armação, mão de obra envolvida, entre outros.

No Apêndice C é apresentado as composições dos custos unitários dos elementos, revelando a previsão do investimento necessário para cada unidade de tratamento.

Consoante apresentado na Tabela 8, o valor total da implantação do sistema de esgoto sustentável, considerando os custos resumidos dos investimentos totais e os índices dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), foi orçado em R\$ 339.056,96 (Trezentos e trinta e nove mil cinquenta e seis reais e noventa e seis centavos). Tal valor corresponde a um sistema que visa atender 7.000 usuários, onde o investimento *per capita* seria de aproximadamente R\$ 48,50.

Tabela 8 – Resumo do orçamento do sistema sustentável

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO IFPE		
Data: Junho / 2022		
Município / Estado: Recife/PE		BDI: 25%
Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA		
RESUMO DO ORÇAMENTO		
	DISCRIMINAÇÃO	TOTAL
1.0	SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
1.1	CAIXA DE INSPEÇÃO COM CAPACIDADE DE 0,22 M ³ (DIMENSÕES 0,6 x 0,6 x 0,6 m), EM ARGAMASSA ARMADA E ARGAMASSA e=2,0cm, COM TAMPA DE CONCRETO PRÉ MOLDADA E FUNDO EM CONCRETO 20MPA – ESCAVAÇÃO CONFECÇÃO	R\$ 22.144,05
1.2	BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET), EM ARGAMASSA ARMADA, COM CAPACIDADE DE 66 M ³ , NAS DIMENSÕES 11,00x4,0x1,50M	R\$ 167.705,78
1.3	FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM ARGAMASSA ARMADA COM DIÂMETRO INTERNO = 2,00 M, ALTURA INTERNA = 1,80 M, VOLUME ÚTIL: 5,6M ³ ,	R\$ 63.025,05
2.0	ADMINISTRAÇÃO DA OBRA	R\$ 86.182,09
TOTAL GERAL (R\$)		R\$ 339.056,96

Fonte: Adaptado de SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP e EMBASA-BA (2022).

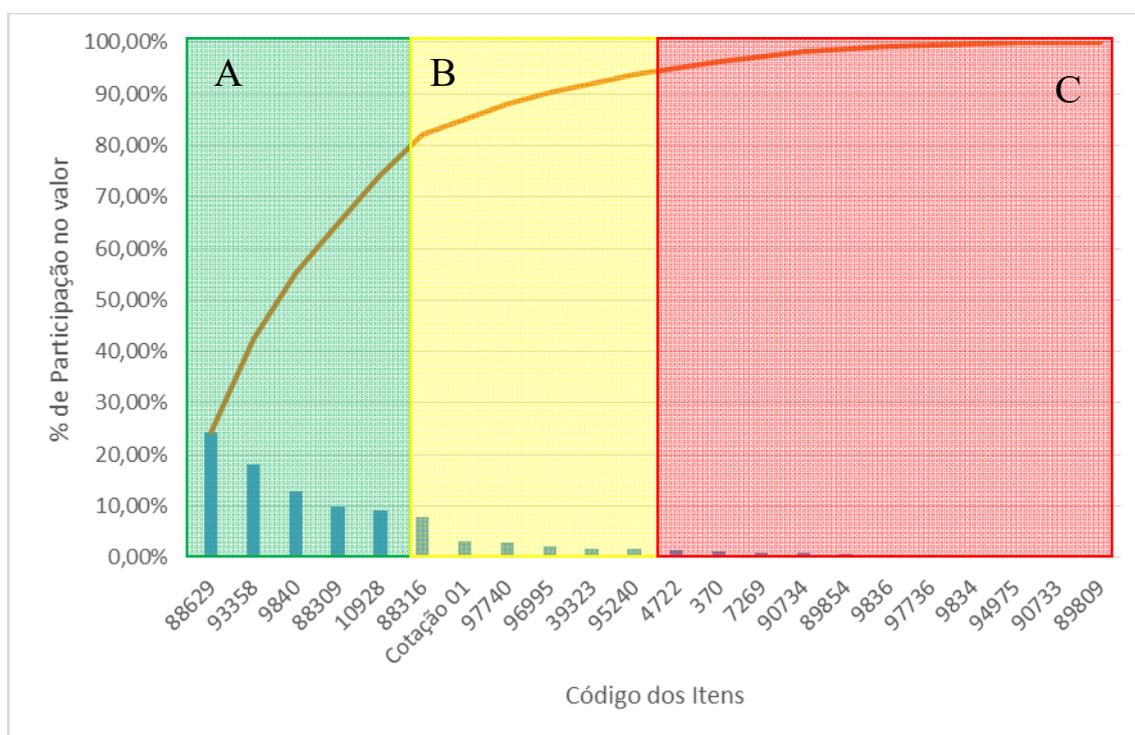
O processo licitatório é indispensável para a implantação do sistema sustentável, visto

que este se enquadra na categoria de obras e serviços de engenharia com valor superior a R\$ 100.000,00 (cem mil reais). A licitação realiza processos seletivos visando aquisições mais vantajosas para a Administração Pública, promovendo isonomia entre os licitantes e evitando superfaturamento nas contratações (BRASIL, 2021).

Relativo à verificação dos itens de maior relevância no orçamento, pode-se utilizar os parâmetros da curva ABC que tem como escopo a identificação da relevância financeira dos produtos, norteados pelo investimento dos recursos e as prioridades no desenvolvimento das atividades. A curva subdivide-se em três classes, consoante valor monetário dos itens: Classe A, representa os produtos mais significativos, os quais necessitam de maior atenção; Classe B, representa os produtos intermediários e Classe C, menor relevância econômica (MATTOS *et al.*, 2019).

Como resultado, os itens que estão classificados no grupo A, representando 80% do custo, foram mão de obra de pedreiro, serviço de escavação, e insumos como: argamassa, tela de arame galvanizada e tubo PVC DN 150 mm (Figura 24).

Figura 24 – Representação da Curva ABC de relevância do orçamento



Fonte: A autora (2022).

Com os projetos e orçamento concluídos, a etapa seguinte foi a elaboração do cronograma físico financeiro, com o qual se efetuou o levantamento dos serviços necessários

durante todo o período de execução da obra e, assim, realizou-se a distribuição dos recursos para cada atividade e sua respectiva duração.

O Apêndice D apresenta o Cronograma Físico-Financeiro da obra, o qual serve como balizador para o desenvolvimento das atividades. Foi previsto que a duração da obra será de 3 (três) meses, onde: no primeiro mês serão concluídas as Caixas de Inspeção e 70% das BET; no segundo mês as BET serão concluídas e 50% dos filtros anaeróbios; no terceiro mês os filtros serão concluídos. Os custos com a mão e obra estão diluídos nos 3 (três) meses.

5.3 SISTEMA COMPACTO

Para efeito de análise comparativa, a Estação Compacta de Tratamento de Esgoto (ECTE) foi tomada como solução tecnológica alternativa e sua locação, à semelhança do sistema sustentável, poderá ser prevista na área atualmente ocupada pelas valas de infiltração, consoante observância às curvas de nível do terreno bem como para fins de aproveitamento da configuração atual da rede hidrossanitária.

Foram obtidas cotações com 3 (três) Empresas: A, B e C, pertencentes aos Estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro, respectivamente. As propostas das Empresas A e B contemplaram os seguintes elementos para o sistema de tratamento: Gradeamento, reator UASB, filtro aeróbio, decantador secundário e desinfecção (Figura 25). O tratamento preliminar é comumente composto por grades de barras e desarenadores, objetivando a retenção de sólidos grosseiros que podem comprometer o funcionamento dos sistemas (RIBEIRO *et al.*, 2018).

O reator de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) teve seu uso difundido no Brasil devido a sua simplicidade operacional (CHERNICHARO *et al.*, 2018) e é responsável pela digestão anaeróbia; caracteriza-se pela alta taxa de retenção de biomassa, baixa produção de lodo e geração de biogás, o qual pode ser aproveitado como recurso energético. Contudo, não apresenta eficácia na remoção de nutrientes e carga orgânica residual (MAIA, 2020; XAVIER *et al.*, 2020).

O atendimento a padrões de qualidade de lançamento utilizando apenas UASB apresenta entraves, pois, inadequações no projeto e na execução podem ensejar elevada perda de sólidos, além do fato de que os efluentes de saída do reator possuem baixa concentração de oxigênio dissolvido (ALMEIDA *et al.*, 2018).

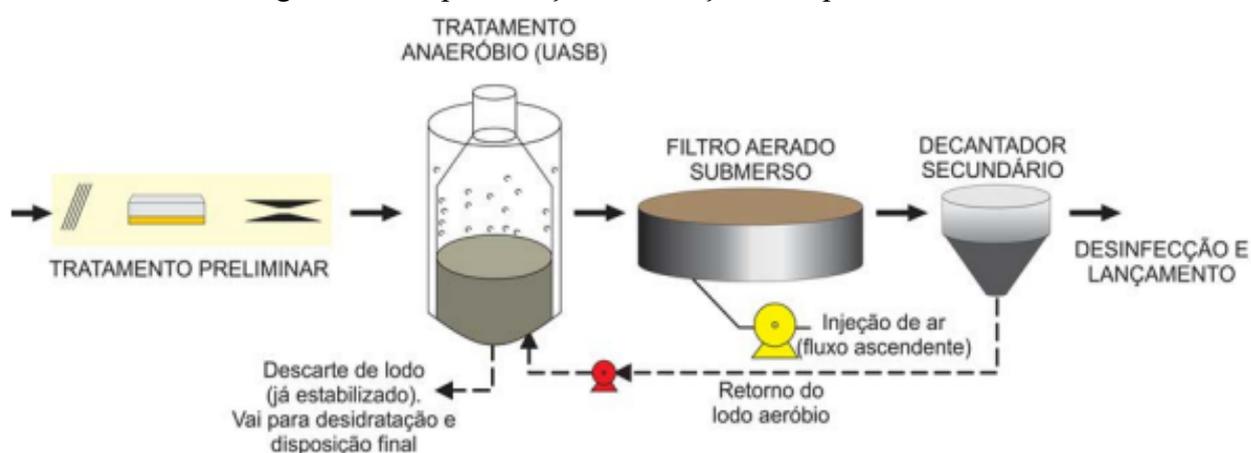
São inúmeras as opções de pós-tratamento, naturais e mecanizados, do reator como é o caso do filtro aeróbio, cujo tanque é preenchido com meio suporte, que pode ser material

plástico ou baseado em espuma de poliuretano. O efluente percola entre os vazios do leito filtrante e há presença de ar no sistema (ALMEIDA *et al.*, 2018; FREIRE *et al.*, 2020).

Seguidamente o decantador secundário recebe o efluente do filtro, realizando o adensamento dos sólidos em suspensão e promoção do acúmulo do lodo produzindo, assim, um efluente depurado. Uma porção do lodo pode ser recirculada e o a outra porção segue para o aterro sanitário (REIS *et al.*, 2021).

O efluente remanescente do decantador secundário segue para etapa de desinfecção final visando a eliminação dos micro-organismos patogênicos que não foram removidos no processo de aeração, uso de cloro ou por radiação ultravioleta (UV), e posteriormente direcionado para o corpo receptor (PONCE; ROLLEMBERG; OLIVEIRA, 2019).

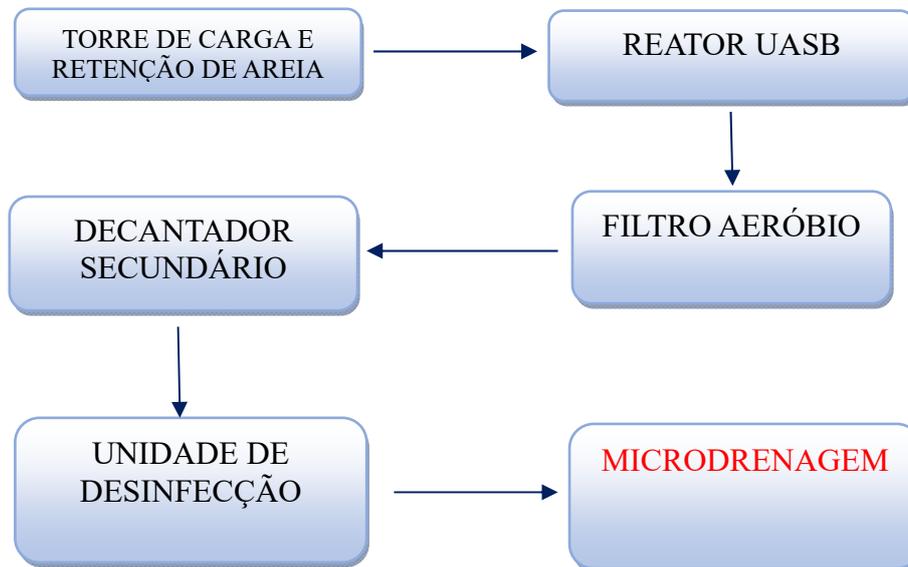
Figura 25 – Representação das estações compactas A e B



Fonte: PONCE; ROLLEMBERG e OLIVEIRA (2019).

O esquema da ECTE da Empresa A está representado na Figura 26. A proposta previu a instalação da ECTE acima do solo, cuja área demandada é de aproximadamente 176 m². O orçamento apresentado no Anexo A contempla as instalações hidráulicas da estação. O pagamento de taxas e serviços burocráticos ficam a cargo do cliente, além das obras civis, como escavação, reaterro e Caixas de Passagem. Ressalta-se que os equipamentos anaeróbios alcançarão eficiência de tratamento após 120 dias, enquanto os equipamentos aeróbios alcançam eficiência de tratamento após 30 dias.

Figura 26 – Diagrama de blocos das etapas da ECTE A

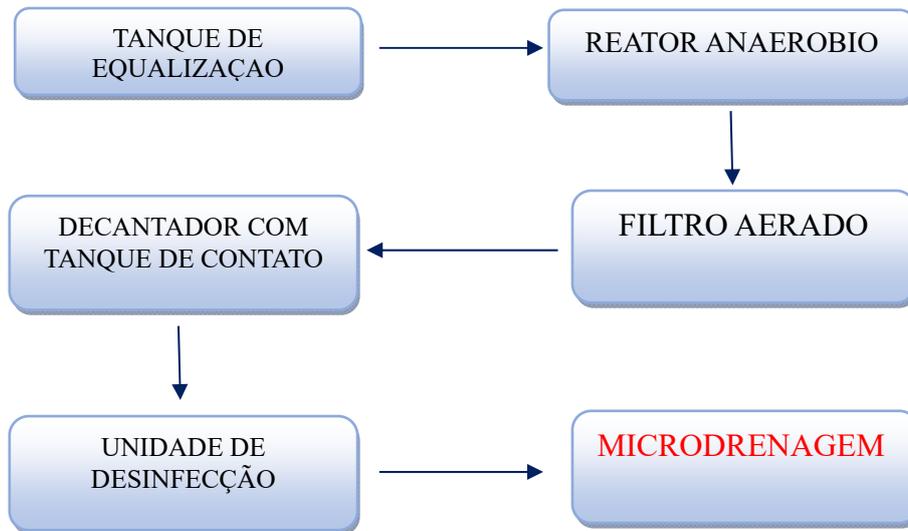


Fonte: A autora (2022).

O esquema da ECTE da Empresa B está representado na Figura 27. O orçamento apresentado no Anexo B contempla as instalações hidráulicas da estação. A proposta destacou que ficam a cargo do contratante: a execução de obras civis, como escavações e reaterros; fornecimento de instalações elétricas com mínima infraestrutura para garantia do bom funcionamento; e local para armazenamento dos produtos químicos.

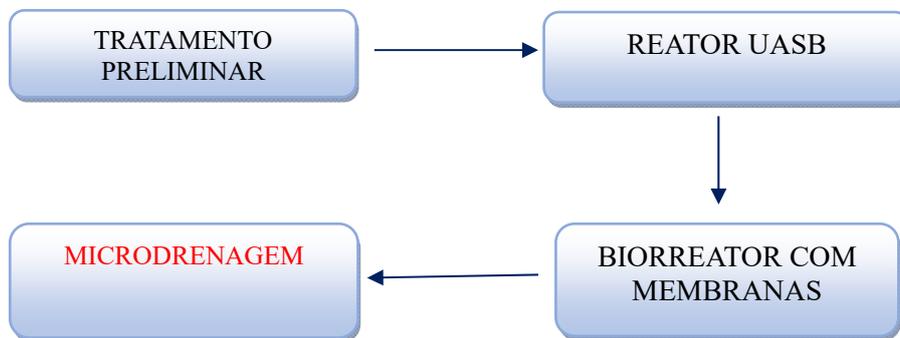
A proposta da Empresa C apresentou um sistema compacto composto por tratamento preliminar, reator UASB e processo de Biorreator com membranas (MBR), cujo esquema está representado na Figura 28. A Tecnologia MBR realiza ação conjunta da degradação da biomassa por bactérias anaeróbias e aeróbias com o processo de separação por membranas. O sistema de membranas consegue conter um maior quantitativo de micro-organismos no sistema e serve como bloqueio aos sólidos suspensos, além de viabilizar o controle do tempo de retenção da biomassa.

Figura 27 – Diagrama de blocos das etapas da ECTE B



Fonte: A autora (2022).

Figura 28 – Diagrama de blocos das etapas da ECTE C



Fonte: A autora (2022).

A Tabela 9 demonstra o mapa de cotação das Empresas, o qual apresenta o orçamento de cada fornecedor de ECTE bem como a média dos preços, considerando os seguintes dados: 7.000 usuários (público flutuante diário); contribuição de 70 l/hab.dia; vazão de projeto de 550 m³/dia e vazão calculada de 541,17 m³/dia.

Tabela 9 – Cotação dos fornecedores de Estações Compactas de Tratamento de Esgoto

MAPA DE COTAÇÃO – ECTE					
Data: Janeiro / 2022					
Município / Estado: Recife/PE		BDI: 25%			
Fonte de preços: Cotações					
Descrição	Média (R\$)	Fornecedores	Empresa A	Empresa B	Empresa C
ETE COMPACTA	R\$ 861.572,84	Data do Orçamento:	06/12/2021	22/11/2021	02/02/2022
		Preço Total:	R\$ 900.801,85	R\$ 908.050,15	R\$ 775.866,53

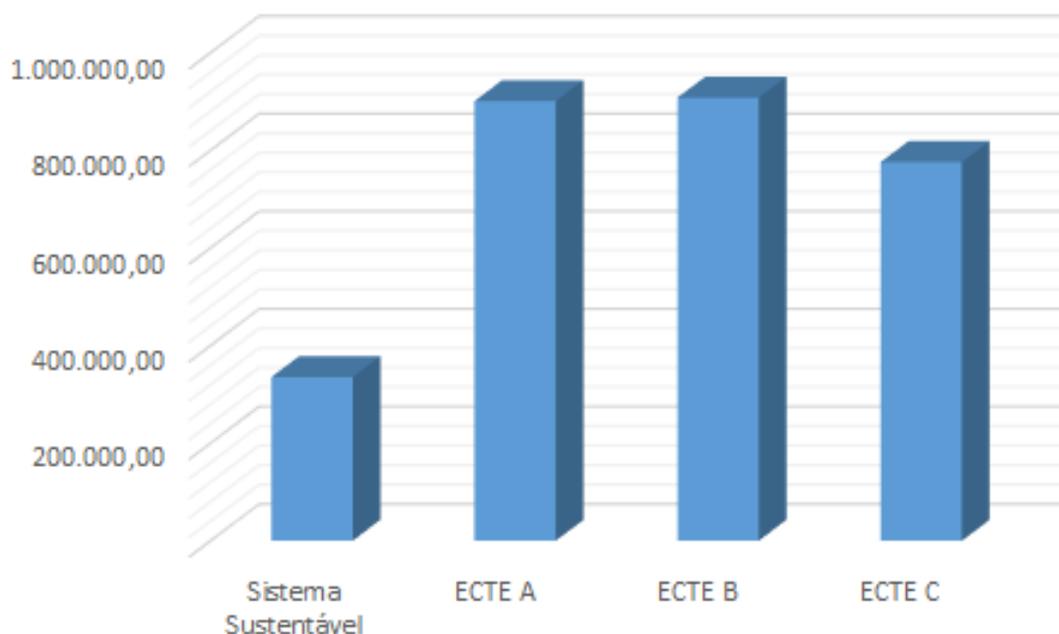
Fonte: Adaptado das cotações das Empresas de ECTE (2022).

Os Anexos A e B apresentam o detalhamento dos orçamentos fornecidos pelas Empresas A e B para implantação das ECTE.

5.4 COMPARATIVO ORÇAMENTÁRIO DOS SISTEMAS SUSTENTÁVEL E COMPACTO

Para efeito de seleção da alternativa com melhor custo-benefício, é primordial a realização de um comparativo dos custos demandados para instalação dos sistemas. A Figura 29 representa a análise orçamentária entre o sistema sustentável e as ECTE das Empresas A, B e C.

Figura 29 – Comparativo orçamentário da implantação dos sistemas de tratamento de esgoto compactas e o sistema sustentável proposto.



Fonte: A autora (2022).

Destarte, verificou-se que o sistema sustentável apresenta maior viabilidade para implantação no IFPE, revelando uma economia de cerca de 60% em relação às ECTE. Vale salientar que o sistema sustentável opera por gravidade, não necessitando de Estação Elevatória, não requer mão de obra especializada e a manutenção é mais simplória, demandando o recobrimento da superfície da BET com cobertura vegetal para evitar alagamento na BET; poda regular; colheita dos frutos; bem como limpeza periódica da caixa de inspeção e do filtro anaeróbio, sendo esta última realizada por empresa especializada em desentupimento.

Para manutenção da Caixa de Inspeção, tomou-se como referência o item de código nº 12636 do Orçamento de Obras de Sergipe- ORSE (CEHOP, 2021), relativo ao mês de dezembro de 2021, donde foi obtido um valor de R\$ 145,00 (Cento e quarenta e cinco reais), referente ao dispêndio mensal para limpeza das 6 (seis) Caixas previstas.

Tomando como referência o item de código nº 0035 do Orçamento de Obras de Sergipe- ORSE (CEHOP, 2021), relativo ao mês de dezembro de 2021, a limpeza de um metro cúbico (m³) do filtro corresponde ao valor de R\$ 60,00 (Sessenta reais). Visto que foram previstos 6 (seis) filtros com volume de 5,6 m³ cada, o gasto anual destinado à sua limpeza totaliza R\$ 2.016,00 (Dois mil e dezesseis reais), representando um dispêndio mensal de R\$ 168,00 (Cento e sessenta e oito reais).

Faz-se necessário ainda a realização periódica de análises laboratoriais para verificação da eficiência do sistema. Tomando como referência o item de código A.10.000.092001 do Companhia Paulista de Obras e Serviços – CPOS, relativo ao mês de maio do ano de 2022, tais análises representam um dispêndio mensal de R\$ 5.073,09 (Cinco mil e setenta e três reais e nove centavos).

Já a ECTE, além dos custos envolvidos na implantação, sua operacionalização demanda energia elétrica, devido ao sistema de bombeamento; salário/encargos sociais e trabalhistas da mão de obra; manutenção periódica dos equipamentos e gestão do biogás e do lodo, fatores que atribuem maior onerosidade ao sistema compacto a médio e longo prazo.

A Tabela 10 apresenta o valor total dos custos mensais dos principais itens envolvidos na manutenção e na operação de um sistema compacto.

Tabela 10 – Manutenção e Operação da ETE Compacta

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA COMPACTO – IFPE								
Data: Maio/ 2022								
Município / estado: Recife/PE							BDI: 25%	
Fonte de preços: Conforme indicado em cada item (SINAPI-PE, CPOS-SP, EMBASA-BA)								
CÓD.	Fonte	Descrição	UND	Quant	Preço unitário (R\$)		Preço Total (R\$)	
					S/ BDI	C/ BDI	S/ BDI	C/ BDI
101399	SINAPI PE	Eletricista com encargos complementares	Mês	1,00	R\$ 4.038,06	R\$ 5.047,58	R\$ 4.038,06	R\$ 5.047,58
574165	EMSABA BA	Operador de sistemas – ete (considerando 2 operadores por mês)	Mês	2,00	R\$ 2.619,25	R\$ 3.274,06	R\$ 5.238,50	R\$ 6.548,13
574247	EMSABA BA	Supervisor de eta / ete	Mês	1,00	R\$ 3.750,79	R\$ 4.688,49	R\$ 3.750,79	R\$ 4.688,49
101415	SINAPI PE	Mecânico de equipamentos pesados com encargos complementares	Mês	1,00	R\$ 7.234,72	R\$ 9.043,40	R\$ 7.234,72	R\$ 9.043,40
A.10.00 0.09200 1	CPOS SP (67.02.502)	Análises químicas laboratoriais em amostra de efluente, conforme CONAMA 357 de 2005 – Artigos 10 e 15 (Água Doce – Classe II), exigências CETESB e para tratamento de fósforo e nitrogênio.	Cj	1,0	R\$ 5.073,09	R\$ 6.341,36	R\$ 5.073,09	R\$ 6.341,36
VALOR TOTAL (CUSTO SEM BDI DE 25%):							R\$ 25.335,16	
VALOR TOTAL (CUSTO COM BDI DE 25%):							R\$ 31.668,19	

Fonte: Adaptado de SINAPI-PE, CPOS-SP e EMBASA-BA (2022).

Mediante comparação orçamentária, verificou-se que a manutenção e operação das ECTE apresentam dispêndio mensal cerca de 80% superior em relação aos custos de

manutenção do sistema sustentável proposto, o qual apresenta maior exequibilidade, garantindo requisitos técnicos e econômicos.

6 CONCLUSÕES

Tendo em vista a necessidade de revitalização do sistema de esgotamento sanitário do Instituto Federal de Pernambuco – *Campus Recife*, concebeu-se o projeto de instalação de um sistema economicamente viável com o objetivo de atender a demanda local, sendo observada a disponibilidade de área; o aproveitamento das instalações hidrossanitárias existentes; e a declividade do terreno, visando a operação sob o efeito da gravidade. Assim, foi proposto um sistema sustentável composto por: caixas de inspeção, bacia de evapotranspiração (BET) e filtro anaeróbio.

O sistema proposto se destaca pela BET, a qual se revelou mais vantajosa em relação às soluções convencionais, como o tanque séptico. Sua efetividade no tratamento de esgotos é atestada mediante dados da literatura científica, ora apresentados, os quais evidenciam a produção de um efluente que atende aos parâmetros físico-químicos e biológicos de lançamento previstos na Resolução CONAMA nº 430/2011. Além disso, a bacia de evapotranspiração destaca-se por sua simplicidade construtiva, reduzidos custos de implantação e operação, baixo potencial poluidor, expressiva redução da carga orgânica, consumo de nutrientes por parte da vegetação, produção de frutos, função paisagística e reaproveitamento de resíduos da construção civil e pneus usados.

O presente trabalho engenhou o dimensionamento do sistema sustentável através de parâmetros normativos e verificou-se que há disponibilidade de área para sua implantação. A confecção de seu orçamento revelou que os custos para implantação, envolvendo insumos, serviços e mão de obra, resultam no valor de R\$ 339.056,96 (Trezentos e trinta e nove mil cinquenta e seis reais e noventa e seis centavos).

Foi verificada a viabilidade técnica e econômica do sistema sustentável quando comparado ao custo de implantação de uma ECTE, havendo uma economia de 60%. Outrossim, as operações da ECTE são mais complexas e possuem maior custo de manutenção e gestão dos subprodutos.

A implantação do sistema sustentável poderá servir como instrumento de incentivo ao desenvolvimento de novas pesquisas mais aprofundadas, a fim de fomentar a difusão e valorização de práticas inovadoras no esgotamento sanitário para o alcance da sustentabilidade ambiental.

7 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que o sistema de tratamento de efluentes sustentável estudado neste trabalho seja utilizado no IFPE – Campus Recife, dada a sua ampla disponibilidade de área, além de vantagens como o reaproveitamento de elementos do sistema de esgotamento atual e a eficiência energética, devido ao seu total funcionamento por gravidade. O sistema sustentável poderá, ainda, promover o engajamento interdisciplinar em pesquisas para diversos cursos ofertados pelo IFPE, servindo como equipamento para práticas laboratoriais para avaliação qualitativa do efluente, bem como o monitoramento do crescimento da vegetação e produção de frutos.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 15 p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 74 p.
- ALMEIDA, N. C. S. *et al.* Sistemas alagados construídos: tratamento de baixo custo para esgoto sanitário em áreas rurais. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p. 1-21, jul. 2020.
- ALMEIDA, P. G. S. *et al.* Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário – Parte 6: Qualidade do efluente. **Revista DAE**, v. 66, n. 214, p. 90-108, nov. 2018.
- ATHAYDES, T. V. S.; CRISPIM, J. Q; ROCHA, A. P. A. Implantação de um sistema de saneamento ambiental alternativo na zona rural do Município de Iretama (PR). **Geoiंगा**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, v. 10, n. 1, p. 42-58, jun. 2018.
- ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BAIÃO, I. R. S. *et al.* Avaliação de um sistema de tratamento de efluente sanitário por evapotranspiração. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, p. 1-18, mai. 2020.
- BERNARDES, F. S. Avaliação do tratamento domiciliar de águas negras por um Tanque de Evapotranspiração (Tevap). **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 7, 2014.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. BRASÍLIA – DF: ANA, 2018^a.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama das águas**. 2019. Disponível em <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1 de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, DF: Palácio do Planalto, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm. Acesso em: 12 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Portal de Periódicos Capes/MEC**. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento – gestão de efluentes domésticos** Campo Grande: UFMS, 2018b. 50 p.

BUENFIL, J. **La jardineira que filtra las aguas grises para reciclarlas**. Morelos: r El Taller de Artes y Oficios AC y Sarar Transformación SC, 2005. 10 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI: Metodologias e Conceitos**. 8. Ed. Brasília: CAIXA, 2020.

CAPITÓ, A. C. P. *et al.* Bacia de Evapotranspiração – Uma tecnologia alternativa para coleta e tratamento de esgoto doméstico. **Interfaces Científicas**, v.4, n.1, p. 175 – 187, ago. 2020.

CEHOP – Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe. **ORSE: Orçamento de Obras de Sergipe**. Dezembro/2021. Sergipe, SE.

CHERNICHARO, C. A. L. *et al.* Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário – Parte 1: Tópicos de Interesse. **Revista DAE**, v. 66, n. 214, p. 5-16, nov. 2018.

COELHO, C. F., REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. de. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 801–810, jul./ago. 2018.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da república federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 mai. 2011.

CONCEIÇÃO, M. C. **Análise comparativa de desempenho de estações de tratamento de esgotos sanitários de grande e pequeno porte em Aracaju**. 2019. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

COSTA, L. M. F. *et al.* Análise construtiva e estimativa de custo de Bacia de Evapotranspiração no Distrito Federal. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 6., 2019, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, 2019. Disponível em:

<https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Civil/ANALISE%20CONSTRUTIVA%20E%20ESTIMATIVA%20DE%20CUSTO%20DE%20BACIA%20DE%20EVAPOTRANSPIRA%C3%87%C3%83%20NO%20DISTRITO%20FEDERAL.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CPRH – AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Manual Técnico CPRH 001: Dimensionamento de tanques sépticos e unidades básicas complementares**. 2. Ed. Recife: CPRH, 2004, 52 p.

CRISPIM, J. Q. *et al.* **Sistema de tratamento de esgoto modelo Bacia De Evapotranspiração (BET)**. Campo Mourão: Fecilcam, 2019. *Ebook*. 29 p. Disponível em: <https://campomourao.unespar.edu.br/editora/documentos/sistema-de-tratamento-de-egoto-modelo-bacia-de-evapotranspiracao-bet>. Acesso em: 17 fev. 2021.

ECOSUS. ETE Compacta. **ECOSUS Equipamentos Ambientais**, 2021. Disponível em: <http://ecosus.com.br/ete-compacta/>. Acesso em: 29 de nov. de 2021.

EMATER-MG. **Tanque de evapotranspiração para tratamento de efluentes do vaso sanitário domiciliar**. 2016. 11p. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/DETEC_Ambientaltvap_com_defluvio.pdf. Acesso em: 02 mar. 2021.

FBB; EMATER-MG. **Fossa Ecológica – TEVAP**. 2019. 13p. Disponível em: <https://www.fbb.org.br/images/Editais/COPASA/2019/Fossa%20S%C3%A9ptica%20TEVAP.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FIGUEIREDO, I. C. S. *et al.* Bacia de Evapotranspiração (BET): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 220, p 115-127, nov. 2019.

FONSECA JÚNIOR, E. G. *et al.* Utilização de jardins sépticos no tratamento de esgoto doméstico com vala de infiltração saturada. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.6, p. 231-240, out./nov. 2019.

FRANÇA, J. T. L. **Avaliação do desempenho da modificação de um sistema de tratamento de esgoto composto por tanque séptico e filtro anaeróbio por um modelo de aeração compartimentada**. 2012. 254 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

FREIRE, R. C. *et al.* Desempenho de uma ETE tipo UASB seguido de FSA (Estudo de Caso). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.12, p. 102760-102773, dec. 2020.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 52 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. 4. Ed. 176 p.

GOMES, C. R. D.; HANSEN, E. Análise comparativa entre estações compactas e convencionais para o tratamento de efluentes no município de Dois Irmãos, RS. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 10, n. 2, p. 121-136, jul./dez. 2019.

GOMES, J. R. S. *et al.* Estudo da viabilidade de implantação da Bacia De Evapotranspiração para a coleta e tratamento de esgoto doméstico em zonas rurais e pequenos municípios. **Cadernos de graduação**, v. 6, n. 2, p. 194-206, out. 2020.

HERZOG, C. P. Soluções baseadas na Natureza para um novo paradigma no tratamento de esgoto em áreas urbanizadas. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 25, n. 50, p. 133-158, jan-jun. 2020.

HOFFMANN, H. *et al.* **Technology review of constructed wetlands**: Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. Alemanha: Deutsche Gesellschaft für, 2011. Disponível em: http://www.susana.org/_resources/documents/default/2-930-giz2011-mês-technology-review-constructed-wetlands.pdf. Acesso em: 27 jan. 2022.

JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 2017. 8. Ed. 909 p.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment Wetlands**. Abingdon: Taylor & Francis Group, 2009. 2. Ed. 1016 p.

LIMA, R. C.; MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S. A influência climática sobre a epidemia dengue na cidade do Recife por Sistema de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 2, p. 384-398, 2016.

MACHADO, H. S. *et al.* Estudo sobre o uso de bacia de evapotranspiração como alternativa para tratamento de efluentes. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS E SUSTENTABILIDADE, 3., 2020, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2020. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/XII-008.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2021.

MAIA, L. M. H. **Cotratamento de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico em reatores uasb – estudo da viabilidade econômica do aproveitamento energético de biogás em Sergipe**. 2020. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

MARCOS JÚNIOR, A. D. *et al.* Utilização de tanques de Evapotranspiração para tratamento de esgoto doméstico, em residências em região rural. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL, 10., 2013, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://eneds.net/anais/index.php/edicoes/eneds2013/paper/viewFile/402/345>. Acesso em: 24 fev. 2021.

MATTOS, A. K. M. *et al.* Aplicação da curva ABC ao estoque de um restaurante em SAQUAREMA – RJ. **Revista de Trabalhos Acadêmicos Lusófona**, São Gonçalo, v. 2. N. 1,

p. 26-34, jan./mar. 2019.

MATTAR, H. X. F.; SILVEIRA, Y. G. Proposta de aplicação local da agenda 21 brasileira, ilha dos Arvoredos-Guarujá/SP. **Revista Latino-Americana de inovação e engenharia de produção**, v. 9, n. 15, p. 187–2021.

MESQUITA, T.C.R. **Tratamento descentralizado de esgotos sanitários em sistemas constituídos por tanques sépticos e filtros anaeróbios**. 2019. 225 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

MORAES, D. L. *et al.* Análise Comparativa de Parâmetros Hidráulicos para Dimensionamento de Tecnologias em Estações de Tratamento de Esgoto. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 22 – 41, jan-abr 2020.

MOSCA, J. L. *et al.* **Helicônia**: descrição, colheita e pós-colheita. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical – Documentos, 2004. 33 p.

MOURA, S. S. C. **Caminhos sustentáveis para o tratamento de águas residuais no contexto escolar**: Proposta implantada no Centro Educacional Myriam Ervilha – DF. 2019. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

NAGAMATI, F. L.; SANTOS, J. J. F.; MENDES, T. A. R. Execução de *wetland* construído para tratamento de efluente doméstico em propriedade rural. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 418-446, jan./mar. 2018.

NEVES, Y. T. *et al.* Dimensionamento automatizado do sistema tanque séptico – sumidouro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL – CENTRO-OESTE, 1., 2016, Brasília. Anais [...]. Brasília: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2016. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/12/Dimensionamento-automatizado-do-sistema-tanque-s%C3%A9ptico-%E2%80%93-sumidouro.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2021.

NÓBREGA, R. S. *et al.* Morfologia urbana e ilhas de calor na cidade do Recife/pe: distribuição espacial e intensidade. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 4, p. 319-333, out. 2016.

OLIVEIRA, G. D. *et al.* Tratamento domiciliar de águas negras: tanque de evapotranspiração. **Revista Petra**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 194-214, ago./dez. 2018.

OLIVEIRA, G. M.; LEAL, J. T. C. P. Soluções Sustentáveis para residências rurais: Fossa de Evapotranspiração e Círculo de Bananeiras. In: BARBOSA, B. C. *et al.* (Org.). **Tópicos em Sustentabilidade & Conservação**. Juiz de Fora: Real Consultoria em Negócios Ltda, 2017. P. 70-76.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. **Gestão sustentável dos recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013. P. 213-232.

PANTANAL SISTEMAS ECOLÓGICOS. Estação Compacta de Tratamento de Esgoto (ECTE). **PANTANAL SISTEMAS ECOLÓGICOS**, 2022. Disponível em: <https://pantanal fossas.com.br/estacao-compacta-de-tratamento-ecte/>. Acesso em: 28 de abr. de 2022.

PHILIPPI, L.S. Saneamento descentralizado: instrumento para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2000, Porto Seguro. **Anais** [...]. Porto Seguro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

PHYTORESTORE. **Projetos de recuperação de grande impacto do Brasil e no mundo**. Disponível em: <https://phyto restore.com.br/category/projetos/nacional/>. Acesso em: 12 dez. 2021.

PIMENTEL, B. F. *et al.* Projeto social EPROTEC JR: projeto do canil da NUPAC. **Revista Meta**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 184 – 189, 2016.

PIRES, F. J. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário – MG**. 2012. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Geotécnica e Saneamento ambiental, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

PONCE, F. A. M.; ROLLEMBERG, S. L. S.; OLIVEIRA, A. G. Aplicação da análise de confiabilidade para avaliação de estações de tratamento de esgoto no estado do Ceará. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 1-17, dez. 2019.

QUEIROZ, S. C. B. *et al.* Avaliação de desempenho do tratamento de esgoto sanitário por sistema combinado anaeróbio seguido de aeróbio. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 217-228, abr. 2018.

RAMOS, P.; RAMOS, M. M.; BUSNELLO, S. J. **Manual prático de metodologia da pesquisa**: artigo, resenha, monografia, dissertação e tese. Blumenau: Acadêmica, 2003.

RECIFE. **Lei nº 18.770, de 29 de dezembro de 2020**. Institui o plano diretor do município do Recife. Recife: Prefeitura Municipal do Recife. 2020. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2020/1877/18770/lei-ordinaria-n-18770-2020-institui-o-plano-diretor-do-municipio-do-recife-revogando-a-lei-municipal-n-17511-de-29-de-dezembro-de-2008?q=18770>. Acesso em: 28 fev. 2021.

REIS, J. A. T. *et al.* Sistema de controle discreto no tempo aplicável a processo aeróbio de tratamento de efluentes líquidos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1-12, set. 2021.

REZENDE, D. C. V. **Tanque de evapotranspiração no tratamento de esgoto sanitário em comunidades rurais**. 2019. 38 p. Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Urutaí, 2019.

REZENDE, D. C. V. *et al.* Vantagens e desvantagens dos métodos *Wetland* e tanque de evapotranspiração: Revisão não sistemática. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p. 57248-57265, jun. 2021.

RIBEIRO, J. C. **Avaliação de uma estação compacta de tratamento de esgoto sanitário composta por reator UASB – biofiltro aerado submerso**. 2016. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

RIBEIRO, L. R. *et al.* Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 774-782, set. 2012.

RIBEIRO, T. B. *et al.* Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário – Parte 2: Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão. **Revista DAE**, v. 66, n. 214, p 17-29, nov. 2018.

ROCHA, G. **Tanque de Evapotranspiração para tratamento de efluentes domésticos em zonas rurais**. 2021. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2021.

RODRIGUES, G. *et al.* Avaliação de novas tecnologias de tratamento descentralizado desenvolvidas para o saneamento rural. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 30., 2019, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/11/tecnologias-tratamento-descentralizado-saneamento-rural.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ROSA, A. *et al.* A contribuição de sistemas de tratamento de esgotos por zonas de raízes para gestão de recursos hídricos na região metropolitana de Curitiba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 17794-17805, apr. 2020.

SANTIAGO, L. C. **Seleção de tecnologia para tratamento de efluente gerado em uma microcervejaria**. 2019. 64 p. Dissertação (Mestrado em em Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2019.

SANTOS, D F. *et al.* Proposta de planejamento de orçamento com cronograma físico financeiro de obras de construção civil. **Revista Projectus**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 62-69, out./dez. 2016.

SANTOS, M. O. *et al.* Avaliação dos dois primeiros anos de operação de um *wetland* construído vertical de fundo saturado aplicado no tratamento de esgoto sanitário. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 1, p. 25-29, jan./jun. 2018.

SANTOS, R. A.; ATHAYDE JUNIOR, G B.; GUEDES, N. S. Efeito da taxa de aplicação superficial na remoção de matéria orgânica em filtros de areia. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación desarrollo y práctica**, Ciudad de México, v. 12, n.2, p.

218–233, ago. 2019.

SEMAE – Serviço Municipal Autônomo de Água e Esgoto de São José do Rio Preto. Caixa de Inspeção de Esgoto. **SEMAE**, 2021. Disponível em: <https://semae.riopreto.sp.gov.br/Data/Sites/3/media/caixa-inspecao/cie---model.pdf>. Acesso em: 19 de nov. de 2021.

SEBRAE – SP. **Banana**: Relatório Completo (Série mercado). São Paulo: Sebrae, 2004.

SEZERINO, P. H. *et al.* Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 151–158, jan.-mar. 2015.

SEZERINO, P. H. *et al.* **Wetlands construídos aplicados no tratamento de esgoto sanitário**: recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção. Tubarão: Fundação Nacional da Saúde – Funasa, 2018. 56 p.

SILVA, A. C. R. **Caracterização dos efluentes tratados em estações compactas para reuso direto não potável urbano em Maceió/AL**. 2018. 98 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

SILVA, A. G. L. *et al.* Soluções urbanas sustentáveis: avaliação integrada do abastecimento de água e tratamento de esgoto a partir de gradientes de densidade. **Revista Mix Sustentável**, Florianópolis, v.6, n.2, p.67-78, mai. 2020.

SILVA, C. E. **Sistemas de tratamento de esgotos sanitários**. Notas de aula, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SILVA, J. M. da; NEVES, R. L. R.; RIOS, F. P. Processo histórico dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário na cidade de Goiânia – GO. In: Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica, 2., 2018, Uberaba. **Anais [...]**. Uberaba: Editora IFTM, 2018. Disponível em: <http://periodicos.iftm.edu.br/index.php/sepit/article/view/607/332>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, L. B. M. V. da; DANTAS, G. C. B.; OLIVEIRA, A. S. de. Análise dos componentes de uma estação de tratamento de esgoto destinada a população carente do Semiárido. In: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1., 2018, Natal. **Anais [...]**. Natal: Editora Realize, 2018. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conadis/2018/TRABALHO_EV116_MD1_SA_22_ID453_30102018003513.pdf. Acesso em: 25 mar. 2021.

SILVA, S. C.; RAMOS, M. L. G.; BERNARDES, R. S. Wetlands construídos com meio suporte de solo na remoção de coliformes termotolerantes de esgotos domésticos. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 9, n. 1, p. 32-46, 2021.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Painel de esgoto**. 2019. Disponível em <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>. Acesso em: 20 fev. 2021.

SOUSA, K. A. *et al.* A produção da banana e seus impactos socioeconômicos no desenvolvimento da microrregião de Araguaína-TO. **Revista Observatório**, Palmas, v. 5, n. 5, p. 314-350, ago. 2019.

SOUZA, L. S. *et al.* Tratamento de água negra domiciliar através de bananeiras por tanque de evapotranspiração. **Atas de Saúde Ambiental** (São Paulo, online), v. 6, p. 235-248, jan/dez. 2018.

TAVARES, D. B. M; ANDRADE SOBRINHO, R. Avaliação das condições construtivas e operacionais do sistema de tratamento primário por tanques sépticos: estudo de caso da comunidade de Caípe (São Francisco do Conde/BA). In: CONGRESSO ABES/FENASAN., 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/06/II-204.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

TINOCO, A. **Noções de democracia e estimativas de populações**. Viçosa: UFV, 2004.

TONETTI, A. L. *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2018. 153 p.

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29-42, jan./jun. 2016.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Águas residuais: o recurso inexplorado** Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos. 2017. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_por. Acesso em: 27 fev. 2021.

UNICEF; WHO. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities**. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization, 2019. 138 p.

VERHOEVEN, J.T.A.; MEULEMAN, A.F.M. Wetlands for wastewater treatments: Opportunities and limitations. **Ecological Engineering**, v. 12, n. 1, p. 5-12, 1999.

VIEIRA, I. **BET – Bacia de Evapotranspiração**. 2010. Disponível em: <https://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-de-evapotranspiracao-bet/comment-page-2/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 3. Ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

WEBER, C. F.; PRADO, M. R.; VAN KAICK, T. S. Dimensionamento de wetlands construídas em sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário. In: Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos, 2., 2015, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: 2015. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdas-em-Sistemas-Individuais-de-Tratamento-de-Esgoto-Sanit%C3%A1rio.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

WENDLING, C. S. *et al.* Dimensionamento e análise da eficiência de um sistema de

tratamento de efluente doméstico para edifício residencial. **Revista InterfacEHS**, v. 13, n. 1, p. 73-80, jun. 2018.

XAVIER, J. K. A.M. *et al.* Pós-tratamento de efluente de reator UASB em filtro anaeróbio. **Brazil Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 13838-13847, Mar.. 2020.

ZAROR, U. A.; MIURA, M. N. Avaliação financeira das interferências no cronograma durante a execução da obra do viaduto na Br 277, Km 585, na Cidade de Cascavel -PR. **Revista Competitividade e Sustentabilidade –ComSus**, Cascavel, v. 7, n. 2, p. 567-581, 2020.

ZIMMERMANN, T. G.; KOEFENDER, V. N.; LANCINI, S. P. Implantação de sistema biológico de tratamento de efluentes como ferramenta para a educação ambiental em escolas. **Revista da Pró-Reitoria de Extensão do IFRS**, v. 9, n. 9, p.118-123, jun. 2021.

APÊNDICE A – ORÇAMENTO DO SISTEMA SUSTENTÁVEL

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	R\$ UNIT. S/ BDI	R\$ UNIT. C/ BDI	R\$ TOTAL (S/BDI)	R\$ TOTAL (C/BDI)
SISTEMA SUSTENTÁVEL									
DESPESAS DIRETAS									
1.0	SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SUSTENTÁVEL							R\$ 202.299,90	R\$ 252.874,88
1.1	COMPOSIÇÃO 01	SINAPI- PE	CAIXA DE INSPEÇÃO COM CAPACIDADE DE 0,22 M ³ (DIMENSÕES 0,60 x 0,60 x 0,60 m), EM ARGAMASSA ARMADA E ARGAMASSA e=2,0cm, COM TAMPA DE CONCRETO PRÉ MOLDADA E FUNDO EM CONCRETO 15MPa - ESCAVAÇÃO CONFECÇÃO	UND	6,00	R\$ 2.952,54	R\$ 3.690,68	R\$ 17.715,24	R\$ 22.144,05
1.2	COMPOSIÇÃO 02	SINAPI- PE	BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET), EM ARGAMASSA ARMADA, COM CAPACIDADE DE 66 M ³ , NAS DIMENSÕES 11,00x4,0x1,50M	UND	6,00	R\$ 22.360,77	R\$ 27.950,96	R\$ 134.164,62	R\$ 167.705,78
1.3	COMPOSIÇÃO 03	SINAPI- PE	FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM ARGAMASSA ARMADA COM DIÂMETRO INTERNO = 2,00 M, ALTURA INTERNA = 1,80 M, VOLUME ÚTIL: 5,6M ³	UND	6,00	R\$ 8.403,34	R\$ 10.504,18	R\$ 50.420,04	R\$ 63.025,05
DESPESAS INDIRETAS									
2.0	ADMINISTRAÇÃO DA OBRA							R\$	R\$

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	R\$ UNIT. S/ BDI	R\$ UNIT. C/ BDI	R\$ TOTAL (S/BDI)	R\$ TOTAL (C/BDI)
								68.945,67	86.182,09
2.1	93572	SINAPI- PE	ENCARREGADO GERAL DE OBRAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	3,00	R\$ 6.672,00	R\$ 8.340,00	R\$ 20.016,00	R\$ 25.020,00
2.2	93565	SINAPI- PE	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA JUNIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	3,00	R\$ 16.309,89	R\$ 20.387,36	R\$ 48.929,67	R\$ 61.162,09
VALOR TOTAL (CUSTO COM BDI DE 25%): R\$									R\$ 339.056,96
VALOR TOTAL (CUSTO SEM BDI DE 25%): R\$								R\$ 271.245,57	

APÊNDICE B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS ELEMENTOS DO SISTEMA SUSTENTÁVEL

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.0	SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SUSTENTÁVEL									
1.1	CAIXA DE INSPEÇÃO COM CAPACIDADE DE 0,22 M³ (DIMENSÕES 0,60 x 0,60 x 0,60 m), EM ARGAMASSA ARMADA E ARGAMASSA e=2,0cm, COM TAMPA DE CONCRETO PRÉ MOLDADA E FUNDO EM CONCRETO 15MPa - ESCAVAÇÃO CONFECÇÃO									
1.1.1	93358	Sinapi Serviços	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M3						2,00
			<i>Comprimento + 1m x Largura + 1m x profundidade + 0,18m</i>			1,60	1,60	0,78		2,00
1.1.2	95240	Sinapi Serviços	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	M2						0,36
			<i>Comprimento x largura</i>			0,60	0,60			0,36
1.1.3	Composição Auxiliar 01	-	CONCRETO FCK = 20MPa, TRAÇO 1:2,6:2,9 (EM MASSA SECA DE CIMENTO CPIII Z/ AREIA MÉDIA/ SEIXO ROLADO) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3						0,05

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
			<i>Comprimento x largura x altura (15cm)</i>			0,60	0,60	0,15		0,05
1.1.4	10928	Sinapi Insumo	TELA DE ARAME GALVANIZADA QUADRANGULAR / LOSANGULAR, FIO 2,11 MM (14 BWG), MALHA 8 X 8 CM, H = 2 M	M2						1,44
			<i>Considerando duas camadas de tela em cada face lateral e no piso</i>							
			<i>Paredes (comprimento x profundidade x 4 lados)</i>		1,00	0,60		0,60	2,00	0,72
			<i>Piso (comprimento x largura)</i>			0,60	0,60		2,00	0,72
1.1.5	88629	Sinapi Serviços	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MANUAL. AF_08/2019	M3						0,04
			<i>Considerando as paredes e o fundo em duas camadas, e espessura de 2cm</i>							
			<i>Paredes (comprimento x profundidade x 2 lados)</i>		2,00	0,60	0,02	0,60	2,00	0,03
			<i>Piso (comprimento x largura)</i>			0,60	0,60	0,02	2,00	0,01
1.2.4	96995	Sinapi Serviços	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	M3						0,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
			<i>Comprimento x largura x espessura da camada. Considerando 25% da altura útil da caixa de passagem</i>			0,15	0,15	0,100		0,00
1.1.6	97736	Sinapi Serviços	PEÇA RETANGULAR PRÉ-MOLDADA, VOLUME DE CONCRETO ACIMA DE 100 LITROS, TAXA DE AÇO APROXIMADA DE 30KG/M³. AF_01/2018	M3						0,04
			<i>Tampa pré-moldada de concreto com espessura de 10cm</i>			0,60	0,60	0,10		0,04
1.1.7	90734	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M						20,00
			<i>Distância média da Fossa Séptica para as caixas de inspeção, medidas in loco</i>			20,00				20,00
1.1.8	9840	Sinapi Insumo	TUBO PVC, SERIE R, DN 150 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAIS (NBR 5688)	M						20,00
			<i>Distância da Fossa Séptica para as caixas de inspeção medidas diretamente do projeto</i>			20,00				20,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.1.9	305	Sinapi Insumo	ANEL BORRACHA, PARA TUBO PVC, REDE COLETOR ESGOTO, DN 150 MM (NBR 7362)	UN						4,00
			<i>Distância da Fossa Séptica para as caixas de inspeção / 6m</i>		4,00					4,00
1.1.10	98555	Sinapi Serviços	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2						1,80
			<i>Paredes</i>		4,00		0,60	0,60		1,44
			<i>Piso</i>		1,00	0,60	0,60			0,36
1.1.11	88309	Sinapi Serviços	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H						16,00
			<i>Estimativa de horas = 2 dias x 8 horas diárias</i>			2,00	8,00			16,00
1.1.12	88316	Sinapi Serviços	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H						16,00
			<i>Estimativa de horas = 2 dias x 8 horas diárias</i>			2,00	8,00			16,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.2	BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET), EM ARGAMASSA ARMADA, COM CAPACIDADE DE 66 M ³ , NAS DIMENSÕES 11,00x4,0x1,50M									
1.2.1	93358	Sinapi Serviços	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M3						99,00
			<i>Comprimento + 1m x Largura +1m x profundidade + 0,15m</i>			12,00	5,00	1,65		99,00
1.2.1	95240	Sinapi Serviços	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	M2						44,00
			<i>Comprimento x largura</i>			11,00	4,00			44,00
1.2.3	10928	Sinapi Insumo	TELA DE ARAME GALVANIZADA QUADRANGULAR / LOSANGULAR, FIO 2,11 MM (14 BWG), MALHA 8 X 8 CM, H = 2 M	M2						178,00
			<i>Considerando duas camadas de tela em cada face lateral e no piso</i>							
			<i>Paredes (comprimento x profundidade x 2 lados)</i>		2,00	11,00		1,50	2,00	66,00
			<i>Paredes (comprimento x profundidade x 2 lados)</i>		2,00		4,00	1,50	2,00	24,00
			<i>Piso (comprimento x largura)</i>			11,00	4,00		2,00	88,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.2.4	88629	Sinapi Serviços	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MANUAL. AF_08/2019	M3						3,56
			<i>Considerando as paredes e o fundo em duas camadas, e espessura de 2cm</i>							
			<i>Paredes (comprimento x profundidade x 2 lados)</i>		2,00	11,00	0,02	1,50	2,00	1,32
			<i>Paredes (comprimento x profundidade x 2 lados)</i>		2,00	4,00	0,02	1,50	2,00	0,48
			<i>Piso (comprimento x largura)</i>			11,00	4,00	0,02	2,00	1,76
1.2.5	7270	Sinapi Insumo	BLOCO CERAMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 4 FUROS NA HORIZONTAL, DE 9 X 9 X 19 CM (L X A X C)	UN						354,00
			<i>Fundo da camada de pneu usado; área necessária x altura da camada / dimensão do bloco (19x9cm)</i>			11,00	0,55		0,02	353,80
1.2.6	-	-	PNEUS USADOS ARO 14" (ADQUIRIDOS POR DOAÇÃO, POR ISSO O CUSTO FICA ZERADO)	UND						58,00
			<i>Quantidade fornecida pela projetista. Pneus vão ser adquiridos por doação</i>		58,00					58,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.2.7	4722	Sinapi Insumo	PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3						6,60
			<i>Comprimento x largura x espessura da camada de 15cm</i>			11,00	4,00	0,15		6,60
1.2.8	39323	Sinapi Insumo	MANTA GEOTEXTIL TECIDO DE LAMINETES DE POLIPROPILENO, RESISTENCIA A TRACAO = *25* KN/M	M2						44,00
			<i>Comprimento x largura da BET</i>			11,00	4,00			44,00
1.2.9	370	Sinapi Insumo	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3						6,60
			<i>Comprimento x largura x espessura da camada de 15cm</i>			11,00	4,00	0,15		6,60
1.2.10	96995	Sinapi Serviços	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	M3						13,42
			<i>Comprimento x largura x espessura da camada de 0,305m</i>			11,00	4,00	0,305		13,42
1.2.11	89854	Sinapi Serviços	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM SUBCOLETOR AÉREO DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	UN						2,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
			<i>Duas unidades para cada BET</i>		2,00					2,00
1.2.12	90734	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M						54,00
			<i>Tubo de entrada (que vem da caixa de inspeção)</i>		1,00	3,00				3,00
			<i>Tubo de descida (acopla no joelho)</i>		1,00	3,00				3,00
1.2.13	9840	Sinapi Insumo	TUBO PVC, SERIE R, DN 150 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAIS (NBR 5688)	M						18,00
			<i>Três tubos de 6 metros cada</i>		3,00	6,00				18,00
1.2.14	90733	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M						6,00
			<i>01 tubo de 6 metros que será dividido para os três dutos de inspeção</i>		1,00	6,00				6,00
1.2.15	9836	Sinapi Insumo	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	M						6,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
			<i>01 tubo de 6 metros que será dividido para os três dutos de inspeção</i>		1,00	6,00				6,00
1.2.16	98555	Sinapi Serviços	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2						89,00
			<i>Paredes</i>		2,00		4,00	1,50		12,00
			<i>Paredes</i>		2,00	11,00		1,50		33,00
			<i>Piso</i>			11,00	4,00			44,00
1.2.17	88309	Sinapi Serviços	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H						120,00
			<i>Estimativa de horas = 3 semanas x 5 dias por semana x 8 horas diárias</i>		3,00	5,00	8,00			120,00
1.2.18	88316	Sinapi Serviços	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H						120,00
			<i>Estimativa de horas = 3 semanas x 5 dias por semana x 8 horas diárias</i>		3,00	5,00	8,00			120,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.3	FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM ARGAMASSA ARMADA COM DIÂMETRO INTERNO = 2,00 M, ALTURA INTERNA = 1,80 M, VOLUME ÚTIL: 5,6M ³									
1.3.1	93358	Sinapi Serviços	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M3						6,22
			Área circular + folga de 1m x profundidade + folga de 0,18m			3,14		1,98		6,22
1.3.2	95240	Sinapi Serviços	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	M2						3,14
			Área do circular do filtro			3,14				3,14
1.3.3	10928	Sinapi Insumo	TELA DE ARAME GALVANIZADA QUADRANGULAR / LOSANGULAR, FIO 2,11 MM (14 BWG), MALHA 8 X 8 CM, H = 2 M	M2						28,90
			Considerando duas camadas de tela em cada face lateral e no piso							
			Parede (comprimento x profundidade x 2 lados)		2,00	6,28		1,80		22,62
			Piso (comprimento x largura)		2,00	3,14				6,28

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.3.4	88629	Sinapi Serviços	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MANUAL. AF_08/2019	M3						0,35
			<i>Considerando as paredes e o fundo em duas camadas, e espessura de 2cm</i>							
			<i>Parede (comprimento x profundidade)</i>			6,28	0,02	1,80		0,23
			<i>Piso (comprimento x largura)</i>		2,00	3,14	0,02			0,13
1.3.5	96995	Sinapi Serviços	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	M3						0,31
			<i>Comprimento x largura x espessura da camada de 0,10m</i>			3,14	0,100			0,31
1.3.6	4727	Sinapi Insumo	PEDRA BRITADA N. 5 (76 A 100 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3						1,88
			<i>Área circular x altura da camada de 60cm</i>			3,14	0,60			1,88
1.3.7	7270	Sinapi Insumo	BLOCO CERAMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 4 FUROS NA HORIZONTAL, DE 9 X 9 X 19 CM (L X A X C)	UN						294,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
			<i>Camada de filtro para os micro-organismos: área necessária * altura da camada / dimensão do bloco (19x9cm)</i>			6,28		0,80	0,02	293,95
1.3.8	97740	Sinapi Serviços	PEÇA CIRCULAR PRÉ-MOLDADA, VOLUME DE CONCRETO ACIMA DE 100 LITROS, TAXA DE AÇO APROXIMADA DE 30KG/M³. AF_01/2018	M3						0,31
			<i>Tampa pré-moldada de concreto com espessura de 10cm</i>			3,14		0,10		0,31
1.3.9	89854	Sinapi Serviços	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM SUBCOLETOR AÉREO DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	UN						1,00
			<i>01 unidade na entrada do FA</i>		1,00					1,00
1.3.10	90734	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M						26,00
			<i>Da BET para o FA</i>			3,00				3,00
			<i>Do FA para a microdrenagem</i>			23,00				23,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.3.11	9840	Sinapi Insumo	TUBO PVC, SERIE R, DN 150 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAIS (NBR 5688)	M						23,00
			<i>Igual a medida de assentamento de tubo de 150mm</i>			23,00				23,00
1.3.12	305	Sinapi Insumo	ANEL BORRACHA, PARA TUBO PVC, REDE COLETOR ESGOTO, DN 150 MM (NBR 7362)	UN						4,00
			<i>Metragem de tubo de 150mm / 6 metros</i>			4,00				4,00
1.3.13	9834	Sinapi Insumo	TUBO PVC, RIGIDO, CORRUGADO, PERFURADO, DN 150 MM, PARA DRENAGEM, SISTEMA IRRIGACAO	M						3,00
			<i>Da BET para o FA</i>			3,00				3,00
1.3.14	90733	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M						3,00
			<i>Dutos de inspeção vertical interno do FA</i>			3,00				3,00
1.3.15	9836	Sinapi Insumo	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	M						3,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
			<i>Igual a metragem de assentamento de tubo de 100mm</i>			3,00				3,00
1.3.16	89809	Sinapi Serviços	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM PRUMADA DE ESGOTO SANITÁRIO OU VENTILAÇÃO. AF_12/2014	UN						1,00
			<i>Interno ao FA acoplado ao duto de inspeção vertical</i>		1,00					1,00
1.3.17	98555	Sinapi Serviços	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2						14,45
			<i>Parades</i>			6,28		1,80		11,31
			<i>Piso (área circular)</i>		3,14					3,14
1.3.18	88309	Sinapi Serviços	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H						80,00
			<i>Estimativa de horas = 2 semanas x 5 dias por semana x 8 horas diárias</i>		2,00	5,00	8,00			80,00

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	COMP	LARG	ALT	TAXA	TOTAL
1.3.19	88316	Sinapi Serviços	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H						80,00
			<i>Estimativa de horas = 3 semanas x 5 dias por semana x 8 horas diárias</i>		2,00	5,00	8,00			80,00
2.0	ADMINISTRAÇÃO DA OBRA									
2.1	93572	SINAPI-PE	ENCARREGADO GERAL DE OBRAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES						3,00
			<i>Estimativa de execução</i>		3,00					3,00
2.2	93565	SINAPI-PE	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA JUNIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES						3,00
			<i>Estimativa de execução</i>		3,00					3,00

APÊNDICE C – COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS DOS ELEMENTOS DO SISTEMA SUSTENTÁVEL

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 0,25

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

Composição Auxiliar 01		CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,6:2,9 (EM MASSA SECA DE CIMENTO CPIII Z/ AREIA MÉDIA/ SEIXO ROLADO) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3			R\$ 544,93
<i>Baseado na composição 102475 do SINAPI com adaptação para cimento CPIII Z</i>						
370	Sinapi Insumo	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,7503	R\$ 115,00	R\$ 86,28
13284	Sinapi Insumo	CIMENTO PORTLAND DE ALTO FORNO (AF) CP III-40	KG	332,9655	R\$ 0,60	R\$ 199,78
4734	Sinapi Insumo	SEIXO ROLADO PARA APLICACAO EM CONCRETO (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	0,596	R\$ 274,78	R\$ 163,77
88316	Sinapi Serviços	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,6125	R\$ 18,19	R\$ 47,52
88377	Sinapi Serviços	OPERADOR DE BETONEIRA ESTACIONÁRIA/MISTURADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,6542	R\$ 27,58	R\$ 45,62

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

88830	Sinapi Serviços	BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL DE 400 L, CAPACIDADE DE MISTURA 280 L, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV, SEM CARREGADOR - CHP DIURNO. AF_10/2014	CHP	0,8514	R\$ 1,98	R\$ 1,69
88831	Sinapi Serviços	BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL DE 400 L, CAPACIDADE DE MISTURA 280 L, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV, SEM CARREGADOR - CHI DIURNO. AF_10/2014	CHI	0,8028	R\$ 0,34	R\$ 0,27

Composição 01		CAIXA DE INSPEÇÃO COM CAPACIDADE DE 0,22 M³ (DIMENSÕES 0,60 x 0,60 x 0,60 m), EM ARGAMASSA ARMADA E ARGAMASSA e=2,0cm, COM TAMPA DE CONCRETO PRÉ MOLDADA E FUNDO EM CONCRETO 15MPa - ESCAVAÇÃO CONFECÇÃO	UND			R\$ 2.952,54
----------------------	--	--	------------	--	--	---------------------

Baseado em composições do SINAPI de itens similares e pesquisas técnicas

93358	Sinapi Serviços	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M3	1,9968	R\$ 71,95	R\$ 143,67
95240	Sinapi Serviços	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	M2	0,3600	R\$ 15,82	R\$ 5,70

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

Composição Auxiliar 01	-	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,6:2,9 (EM MASSA SECA DE CIMENTO CPIII Z/ AREIA MÉDIA/ SEIXO ROLADO) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	0,0540	R\$ 544,93	R\$ 29,43
10928	Sinapi Insumo	TELA DE ARAME GALVANIZADA QUADRANGULAR / LOSANGULAR, FIO 2,11 MM (14 BWG), MALHA 8 X 8 CM, H = 2 M	M2	1,4400	R\$ 19,07	R\$ 27,46
88629	Sinapi Serviços	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MANUAL. AF_08/2019	M3	0,0432	R\$ 544,03	R\$ 23,50
96995	Sinapi Serviços	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	M3	0,0023	R\$ 43,63	R\$ 0,10
TAMPA PRÉ MOLDADA						
97736	Sinapi Serviços	PEÇA RETANGULAR PRÉ-MOLDADA, VOLUME DE CONCRETO ACIMA DE 100 LITROS, TAXA DE AÇO APROXIMADA DE 30KG/M³. AF_01/2018	M3	0,0360	R\$ 1.464,01	R\$ 52,70
DUTO DE ENTRADA DA ÁGUA NEGRA (FOSSA)						
90734	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M	20,0000	R\$ 4,21	R\$ 84,20

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

9840	Sinapi Insumo	TUBO PVC, SERIE R, DN 150 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAIS (NBR 5688)	M	20,0000	R\$ 91,14	R\$ 1.822,80
305	Sinapi Insumo	ANEL BORRACHA, PARA TUBO PVC, REDE COLETOR ESGOTO, DN 150 MM (NBR 7362)	UN	4,0000	R\$ 15,68	R\$ 62,72
IMPERMEABILIZAÇÃO						
98555	Sinapi Serviços	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2	1,8000	R\$ 26,90	R\$ 48,42
MÃO DE OBRA						
88309	Sinapi Serviços	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	16,0000	R\$ 22,55	R\$ 360,80
88316	Sinapi Serviços	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	16,0000	R\$ 18,19	R\$ 291,04

Composição 02		BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET), EM ARGAMASSA ARMADA, COM CAPACIDADE DE 66 M³, NAS DIMENSÕES 11,00x4,0x1,50M	UND			R\$ 22.360,77
----------------------	--	--	------------	--	--	----------------------

Baseado em pesquisas e no projeto da Bacia de Evapotranspiração (BET)

MOVIMENTO DE TERRA + REVESTIMENTO DE PAREDE E PISO

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

93358	Sinapi Serviços	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M3	99,0000	R\$ 71,95	R\$ 7.123,05
95240	Sinapi Serviços	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	M2	44,0000	R\$ 15,82	R\$ 696,08
10928	Sinapi Insumo	TELA DE ARAME GALVANIZADA QUADRANGULAR / LOSANGULAR, FIO 2,11 MM (14 BWG), MALHA 8 X 8 CM, H = 2 M	M2	178,0000	R\$ 0,00	R\$ 0,00
88629	Sinapi Serviços	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MANUAL. AF_08/2019	M3	3,5600	R\$ 544,03	R\$ 1.936,75
CAMADAS DE MATERIAIS						
7270	Sinapi Insumo	BLOCO CERAMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 4 FUROS NA HORIZONTAL, DE 9 X 9 X 19 CM (L X A X C)	UN	354,0000	R\$ 0,59	R\$ 208,86
-	-	PNEUS USADOS ARO 14" (ADQUIRIDOS POR DOAÇÃO, POR ISSO O CUSTO FICA ZERADO)	UND	58,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
4722	Sinapi Insumo	PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	6,6000	R\$ 78,96	R\$ 521,14
39323	Sinapi Insumo	MANTA GEOTEXTIL TECIDO DE LAMINETES DE POLIPROPILENO, RESISTENCIA A TRACAO = *25* KN/M	M2	44,0000	R\$ 24,22	R\$ 1.065,68

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

370	Sinapi Insumo	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	6,6000	R\$ 115,00	R\$ 759,00
96995	Sinapi Serviços	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	M3	13,4200	R\$ 43,63	R\$ 585,51
DUTO DE ENTRADA DA ÁGUA NEGRA (CAIXA DE INSPEÇÃO) + DUTO DE INSPEÇÃO						
89854	Sinapi Serviços	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM SUBCOLETOR AÉREO DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	UN	2,0000	R\$ 91,81	R\$ 183,62
90734	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M	54,0000	R\$ 4,21	R\$ 227,34
9840	Sinapi Insumo	TUBO PVC, SERIE R, DN 150 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAIS (NBR 5688)	M	18,0000	R\$ 91,14	R\$ 1.640,52
90733	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M	6,0000	R\$ 3,55	R\$ 21,30
9836	Sinapi Insumo	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	M	6,0000	R\$ 18,17	R\$ 109,02

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

IMPERMEABILIZAÇÃO

98555	Sinapi Serviços	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2	89,0000	R\$ 26,90	R\$ 2.394,10
MÃO DE OBRA						
88309	Sinapi Serviços	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	120,0000	R\$ 22,55	R\$ 2.706,00
88316	Sinapi Serviços	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	120,0000	R\$ 18,19	R\$ 2.182,80

Composição 03		FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM ARGAMASSA ARMADA COM DIÂMETRO INTERNO = 2,00 M, ALTURA INTERNA = 1,80 M, VOLUME ÚTIL: 5,6M³	UND			R\$ 8.403,34
----------------------	--	---	------------	--	--	---------------------

Baseado na Composição do SINAPI 98061 (Julho 2021)

MOVIMENTO DE TERRA + REVESTIMENTO DE PAREDE E PISO

93358	Sinapi Serviços	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M3	6,2204	R\$ 71,95	R\$ 447,55
95240	Sinapi Serviços	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	M2	3,1416	R\$ 15,82	R\$ 49,70

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

10928	Sinapi Insumo	TELA DE ARAME GALVANIZADA QUADRANGULAR / LOSANGULAR, FIO 2,11 MM (14 BWG), MALHA 8 X 8 CM, H = 2 M	M2	28,9027	R\$ 19,07	R\$ 551,17
88629	Sinapi Serviços	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MANUAL. AF_08/2019	M3	0,3519	R\$ 544,03	R\$ 191,42
96995	Sinapi Serviços	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	M3	0,3142	R\$ 43,63	R\$ 13,71
CAMADAS DE MATERIAIS						
4727	Sinapi Insumo	PEDRA BRITADA N. 5 (76 A 100 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	1,8850	R\$ 71,64	R\$ 135,04
7270	Sinapi Insumo	BLOCO CERAMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 4 FUROS NA HORIZONTAL, DE 9 X 9 X 19 CM (L X A X C)	UN	294,0000	R\$ 0,59	R\$ 173,46
TAMPA PRÉ MOLDADA						
97740	Sinapi Serviços	PEÇA CIRCULAR PRÉ-MOLDADA, VOLUME DE CONCRETO ACIMA DE 100 LITROS, TAXA DE AÇO APROXIMADA DE 30KG/M³. AF_01/2018	M3	0,3142	R\$ 2.060,93	R\$ 647,46
DUTO DE ENTRADA DO EFLUENTE DA BET + SAÍDA DO EFLUENTE PARA A MICRODRENAGEM + DUTO DE INSPEÇÃO VERTICAL INTERNA						

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

BDI: 0,25

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS						
89854	Sinapi Serviços	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM SUBCOLETOR AÉREO DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	UN	1,0000	R\$ 91,81	R\$ 91,81
90734	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M	26,0000	R\$ 4,21	R\$ 109,46
9840	Sinapi Insumo	TUBO PVC, SERIE R, DN 150 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAIS (NBR 5688)	M	23,0000	R\$ 91,14	R\$ 2.096,22
305	Sinapi Insumo	ANEL BORRACHA, PARA TUBO PVC, REDE COLETOR ESGOTO, DN 150 MM (NBR 7362)	UN	4,0000	R\$ 15,68	R\$ 62,72
9834	Sinapi Insumo	TUBO PVC, RIGIDO, CORRUGADO, PERFURADO, DN 150 MM, PARA DRENAGEM, SISTEMA IRRIGACAO	M	3,0000	R\$ 33,39	R\$ 100,17
90733	Sinapi Serviços	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_01/2021	M	3,0000	R\$ 3,55	R\$ 10,65
9836	Sinapi Insumo	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	M	3,0000	R\$ 18,17	R\$ 54,51

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

BDI: 0,25

COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS

89809	Sinapi Serviços	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM PRUMADA DE ESGOTO SANITÁRIO OU VENTILAÇÃO. AF_12/2014	UN	1,0000	R\$ 20,35	R\$ 20,35
IMPERMEABILIZAÇÃO						
98555	Sinapi Serviços	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	M2	14,4513	R\$ 26,90	R\$ 388,74
MÃO DE OBRA						
88309	Sinapi Serviços	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	80,0000	R\$ 22,55	R\$ 1.804,00
88316	Sinapi Serviços	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	80,0000	R\$ 18,19	R\$ 1.455,20

APÊNDICE D – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DO SISTEMA SUSTENTÁVEL

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DO IFPE

Data: Junho / 2022

Município / Estado: Recife/PE

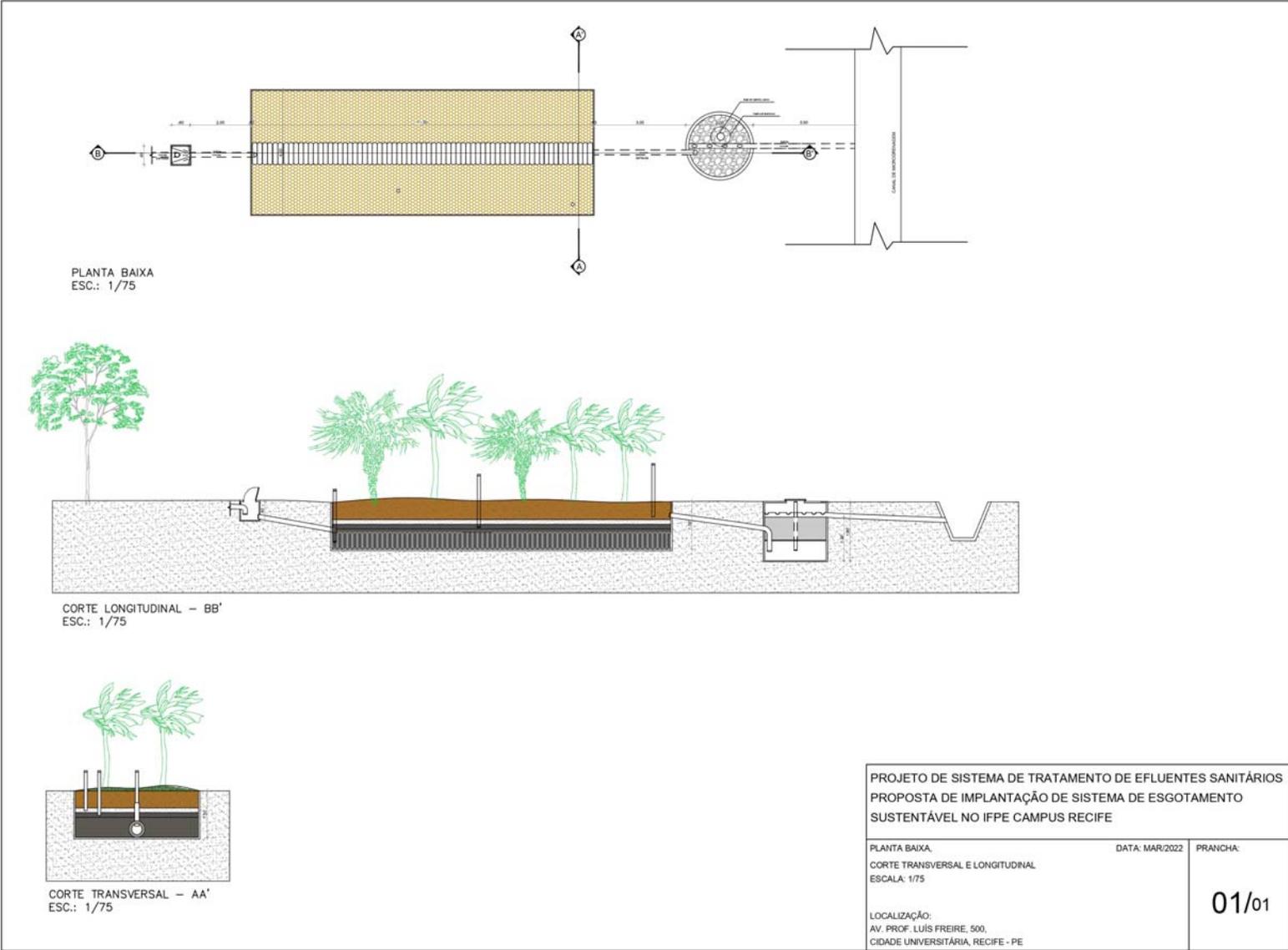
BDI: 25%

Fonte de preços: SINAPI-PE, ORSE-SE, CPOS-SP, EMBASA-BA

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO					
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR C BDI (R\$)	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3
1.0	DESPESAS DIRETAS		R\$ 252.874,88		
1.1	CAIXA DE INSPEÇÃO COM CAPACIDADE DE 0,22 M ³ (DIMENSÕES 0,60 x 0,60 x 0,60 m), EM ARGAMASSA ARMADA E ARGAMASSA e=2,0cm, COM TAMPA DE CONCRETO PRÉ MOLDADA E FUNDO EM CONCRETO 15MPa - ESCAVAÇÃO CONFECÇÃO	R\$ 22.144,05	100%	-	-
			R\$ 22.144,05	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.2	BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET), EM ARGAMASSA ARMADA, COM CAPACIDADE DE 66 M ³ , NAS DIMENSÕES 11,00x4,0x1,50M	R\$ 167.705,78	70%	30%	-
			R\$ 117.394,04	R\$ 50.311,73	R\$ 0,00
1.3	FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM ARGAMASSA ARMADA COM DIÂMETRO INTERNO = 2,00 M, ALTURA INTERNA = 1,80 M, VOLUME ÚTIL: 5,6M ³	R\$ 63.025,05	-	50%	50%
			R\$ 0,00	R\$ 31.512,53	R\$ 31.512,53
2.0	DESPESAS INDIRETAS		R\$ 86.182,09		
2.0	ADMINISTRAÇÃO DA OBRA	R\$ 86.182,09	33%	33%	33%
			R\$ 28.727,36	R\$ 28.727,36	R\$ 28.727,36

TOTAL COM BDI	R\$ 339.056,96	50%	33%	18%
PREVISTO POR MÊS		R\$ 168.265,46	R\$ 110.551,62	R\$ 60.239,89
ACUMULADO POR MÊS		R\$ 168.265,46	R\$ 278.817,08	R\$ 339.056,96

APÊNDICE E – PLANTAS E CORTES DO SISTEMA SUSTENTÁVEL



PLANTA BAIXA
ESC.: 1/75

CORTE LONGITUDINAL - BB'
ESC.: 1/75

CORTE TRANSVERSAL - AA'
ESC.: 1/75

PROJETO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS
PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SUSTENTÁVEL NO IFPE CAMPUS RECIFE

PLANTA BAIXA,
CORTE TRANSVERSAL E LONGITUDINAL
ESCALA: 1/75

DATA: MAR/2022

PRANCHA:

LOCALIZAÇÃO:
AV. PROF. LUIS FREIRE, 500,
CIDADE UNIVERSITÁRIA, RECIFE - PE

01/01

ANEXO A - ORÇAMENTO APRESENTADO PELA EMPRESA A PARA UMA ECTE

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA ECTE - EMPRESA A					
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTO	R\$ TOTAL
1	-	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	UM	1,00	892.000,00
1	-	SERVIÇO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	-	1,00	8.801,85
TOTAL DO ORÇAMENTO					R\$ 900.801,85

ANEXO B – ORÇAMENTO APRESENTADO PELA EMPRESA B PARA UMA ECTE

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA ECTE - EMPRESA B					
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTO	R\$ TOTAL
1	-	TANQUE DE EQUALIZAÇÃO E ELEVATÓRIA DO EFLUENTE BRUTO	UM	1,00	100.749,48
1	-	CAIXA DIVISORA DE VAZÃO	-	1,00	3.449,30
1		REATOR ANAERÓBIO 1		1,00	115.914,87
1		REATOR ANAERÓBIO 2		1,00	78.946,91
1		COLETOR DE GÁS		2,00	4.875,19
1		FILTRO AERADO 1		1,00	121.319,68
1		FILTRO AERADO 2		1,00	92.318,61
1		SISTEMA DE GERAÇÃO DE AR		1,00	60.011,96
1		DECANTADOR SECUNDÁRIO 1		1,00	97.825,27
1		DECANTADOR SECUNDÁRIO 2		1,00	81.513,51
1		DESINFECÇÃO		1,00	10.824,33
1		RESERVATÓRIO DE ACÚMULO DE LODO		2,00	48.960,16
1		SISTEMA ELÉTRICO		1,00	14.398,12
1		BARRILETE DE INTERLIGAÇÃO		1,00	22.608,32
1		PASSARELA COM ESCADA		1,00	16.675,02
TOTAL					R\$ 870.390,75
SERVIÇOS					
1		EXECUÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS OU ELÉTRICAS		1,00	R\$ 37.659,40
TOTAL DO ORÇAMENTO					R\$ 908.050,15