



SOLUÇÃO PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS EM IMÓVEL SEM ATENDIMENTO DE REDE PÚBLICA DE COLETA DE ESGOTOS

Eduardo Fernando de Araújo, Faculdade de Tecnologia de Piracicaba - FATEP, eduardo@bragaaraujo.com.br

Resumo

O tratamento adequado de esgoto em comunidades isoladas é essencial para garantir a saúde pública e proteger o meio ambiente local. Em áreas sem acesso à rede pública de coleta, soluções sustentáveis e eficazes são necessárias para prevenir a contaminação do solo e dos recursos hídricos, proporcionando uma qualidade de vida melhor para seus habitantes. O presente trabalho tem como principal objetivo desenvolver um projeto para instalação de um sistema de tratamento isolado de esgoto, a fim de tratar o esgoto doméstico gerado e fazer o correto descarte dos resíduos no meio ambiente. A metodologia utilizada foi o estudo de caso. Os resultados obtidos demonstram a necessidade de soluções sustentáveis e eficazes para lidar com o esgoto doméstico, especialmente em locais sem acesso à rede pública de coleta. O impacto positivo de escolher o sistema adequado não se limita apenas ao meio ambiente, mas também à saúde pública e ao bem-estar das comunidades.

Palavras-chave: Tratamento de esgotos, Comunidades Isoladas, Sustentabilidade, Saúde Pública.

1. Introdução

A água é um recurso finito, seu ciclo hidrológico nem sempre é suficiente para purificá-la. Rosa e Guarda (2019) entendem que sua distribuição depende de condições climáticas e topográficas, o que faz a quantidade do recurso ser diferente entre territórios. Os autores observaram uma crescente preocupação da sociedade com a sua conservação nas últimas décadas. Uma maior conscientização da necessidade de uma nova cultura em relação ao uso dos recursos hídricos, repensando valores, comportamentos, hábitos e atitudes é essencial.

Silva Netto (2022) pontua que a água é um dos componentes mais abundantes e fundamentais da superfície do planeta Terra, representando necessidade essencial às diferentes formas de vida. Segundo o mesmo autor, em condições de potabilidade e limpeza encontra-se em praticamente todas as atividades humanas. Contudo, a situação das águas brasileiras se parece com a própria situação geral do país.

O esgoto doméstico gerado por pequenas propriedades sem atendimento de rede pública de coleta de esgotos, individualmente, não produz uma quantidade de carga poluidora elevada, em sua totalidade representam um volume significativo lançado sem tratamento diretamente no ambiente podendo atingir cursos d'água e poços que poderão ser utilizados pela população. Tal situação pode ocasionar diversos problemas de saúde e qualidade de vida para as pessoas.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Diante disto, o estudo buscará responder a seguinte pergunta: qual é a viabilidade de uma construção e solução para tratamento de esgotos domésticos em imóveis não atendidos pela rede pública de coleta de esgotos?

O tema contribui para a sociedade em geral, à medida que a falta de tratamento de esgotos pode levar a poluição de rios, lagos e aquíferos, o que pode ter efeitos negativos sobre a saúde pública e o meio ambiente. A solução para o tratamento de esgotos domésticos pode ajudar a minimizar esses impactos ambientais (LINO, 2014). Os estudantes de Engenharia Civil podem utilizar esse tema para desenvolver projetos de pesquisa e inovação em busca de soluções mais eficientes e sustentáveis.

O presente trabalho tem como principal objetivo desenvolver um projeto para instalação de um sistema de tratamento isolado de esgoto, a fim de tratar o esgoto doméstico gerado e fazer o correto descarte dos resíduos no meio ambiente.

2. Fundamentação teórica

Marques (2013) aborda a problemática da poluição da água devido ao lançamento de resíduos e suas consequências para a saúde pública e o meio ambiente. Destaca-se que a contaminação da água compromete sua qualidade, alterando suas características químicas, físicas e biológicas. Segundo o mesmo autor, em 2001, estimava-se que 80% das doenças e mais de um terço das mortes no Brasil estavam relacionadas ao uso e consumo de águas contaminadas. A escassez de recursos naturais é uma preocupação decorrente do crescimento populacional, da atividade industrial, do consumo excessivo e do descarte irresponsável de resíduos. Políticas de investimento em saneamento são fundamentais para a preservação dos recursos naturais e a saúde pública.

Marques (2013) menciona que, em 2008, cerca de 99,4% dos domicílios brasileiros possuíam água tratada, enquanto 55,2% tinham rede de esgoto. No Distrito Federal, o índice de cobertura de saneamento é o maior do Brasil, com 88,9% das residências urbanas tendo saneamento adequado e 10,9% semiadequado, de acordo com dados do censo demográfico de 2010. Segundo o mesmo autor, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb) opera em extensas redes de esgoto e estações de tratamento. A norma NBR 9648 (ABNT, 1986) define esgoto sanitário como o despejo líquido constituído por esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária.

Segundo Marques (2013), o tratamento de esgoto doméstico é dividido em várias etapas. Os processos de tratamento de esgoto doméstico atualmente podem ser classificados em biológicos, nos quais há ação de microrganismos, e físico-químicos. A escolha do processo a ser utilizado depende das características do efluente, disponibilidade de espaço para o sistema de tratamento e do nível desejado de depuração da matéria orgânica presente.

O tratamento preliminar (ou pré-tratamento), tratamento primário, secundário e terciário. O tratamento preliminar consiste na remoção de resíduos maiores através de grades, peneiras ou caixas de areia, a fim de proteger as unidades a seguir. No tratamento primário, os sólidos

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

em suspensão são sedimentados no fundo de um decantador, formando o lodo primário que é removido para dar continuidade ao processo. No tratamento secundário, microrganismos consomem a matéria orgânica, convertendo-a em dióxido de carbono e água. No tratamento terciário, são removidos poluentes específicos, como micronutrientes (por exemplo, fósforo e contaminação) (MARQUES, 2013).

Segundo Von Sperling (1996), os esgotos domésticos são compostos de 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos. O autor aponta que a porcentagem de sólidos, se limita a 0,08%. Essa fração de sólidos, visivelmente irrisória, é a responsável pelos impactos causados pelos esgotos. As características dos esgotos variam de acordo com os usos à que a água foi destinada e que, de forma geral, está condicionada ao clima local, situação socioeconômica e os hábitos da população. Apesar dessa variação a que o esgoto possa ser submetido, a sua composição é bem definida quanto aos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Os parâmetros físicos referem-se a características como temperatura, cor e turbidez do esgoto. Os parâmetros químicos envolvem a presença de substâncias como matéria orgânica, nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais pesados, produtos químicos tóxicos e compostos orgânicos. Já os parâmetros biológicos dizem respeito à presença de microrganismos, como bactérias, vírus e parasitas.

Von Sperling (1996) afirma que a composição do esgoto pode ser influenciada por diferentes fatores. O autor exemplifica que, em áreas urbanas, onde há uma maior concentração de atividades domésticas, o esgoto tende a conter uma maior quantidade de matéria orgânica proveniente de resíduos alimentares e produtos de higiene pessoal. Em áreas industriais, o esgoto pode ser contaminado por produtos químicos específicos utilizados nos processos de produção.

Jordão e Pessôa (1995) apontam que as principais características físicas relativas aos esgotos são a temperatura, a cor, o odor e a turbidez. A temperatura do esgoto é normalmente um pouco mais elevada do que a da água de abastecimento e tende a flutuar com as mudanças sazonais. Esta característica influencia diretamente o comportamento dos microrganismos, a capacidade de dissolução de gases, a rapidez das reações químicas e a consistência do líquido, o que pode afetar a sedimentação.

A cor do esgoto serve como indicador do seu estágio de decomposição: uma tonalidade cinza sugere um esgoto recente, enquanto cores mais escuras sinalizam um esgoto mais antigo em processo de decomposição. Quanto ao odor, esgotos novos costumam ter um cheiro menos intenso, enquanto esgotos mais antigos ou em estado séptico exalam um aroma forte e desagradável, resultado da formação de gás sulfídrico e de compostos como sulfetos, amoníacos e ácidos orgânicos. A turbidez está diretamente relacionada à presença de partículas sólidas suspensas, sendo que esgotos mais recentes ou densos geralmente apresentam uma maior turbidez (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

De acordo com Jordão e Pessôa (1995, p. 12), os esgotos domésticos têm diversas características químicas principais. Entre elas estão os sólidos totais, que são compostos tanto por elementos orgânicos quanto inorgânicos, encontrados em estados suspensos, dissolvidos e que podem sedimentar. A matéria orgânica, por sua vez, é uma combinação variada de compostos,

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

incluindo proteínas, carboidratos e lipídeos. O nitrogênio total engloba formas como nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato, sendo essencial para o crescimento de microrganismos em tratamentos biológicos. Já o fósforo, presente em formas orgânicas e inorgânicas, é um nutriente crucial nesses tratamentos. O pH dá uma noção sobre se os esgotos são mais ácidos ou básicos.

Hirata et al. (2015) discute o caso do lodo de tratamento de esgoto doméstico. Segundo os autores, a questão do aumento populacional e o impacto desse crescimento na qualidade da água dos rios, devido à quantidade de esgotos lançados. Com a sobrecarga de esgotos, os rios não conseguem se autodepurar adequadamente, comprometendo o abastecimento público de água tratada. Os autores apontam que, para lidar com esse problema, foram desenvolvidas as estações de tratamento de esgotos (ETEs), que reproduzem os processos naturais de degradação da matéria orgânica presentes no esgoto de maneira controlada e rápida. Essas estações utilizam processos físicos, químicos e biológicos, sendo as bactérias os principais microrganismos responsáveis pela degradação ou estabilização da matéria orgânica. O esgoto sanitário é composto principalmente por água (mais de 99,9%), com o restante sendo matéria orgânica em suspensão e dissolvida, tanto orgânica quanto inorgânica, além de micro-organismos.

Em novembro de 2003, Hirata et al. (2015) apontaram que a Embrapa solicitou ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a elaboração de uma Resolução para regulamentar o uso agrícola do lodo de esgoto. Um grupo de trabalho, composto por representantes de diversos setores envolvidos com o assunto, como empresas de saneamento, órgãos ambientais e instituições de pesquisa, concluiu suas atividades em maio de 2005 e publicou a Resolução nº 375/2006. Essa resolução estabelece critérios e procedimentos para o uso agrícola dos lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

Hirata et al. (2015) explica que o lodo proveniente do tratamento de esgoto é o subproduto de maior volume e representa um desafio complexo para as empresas de saneamento. Alguns problemas relacionados ao manejo do lodo incluem: (a) o lodo é composto principalmente pelas substâncias que conferem às águas residuais não tratadas seu caráter desagradável; (b) a fração do lodo a ser descartada, gerada durante o tratamento biológico do esgoto, é composta principalmente por matéria orgânica; (c) apenas uma pequena parte do lodo é constituída por matéria sólida.

A escolha das opções de disposição final do lodo depende da situação local em termos de tecnologia e recursos disponíveis. No Brasil, a disposição final mais comum é o aterro sanitário. No entanto, de acordo com a Embrapa, isso apresenta altos custos, podendo chegar a 50% dos custos operacionais de uma ETE, e agrava o problema do manejo do lixo urbano, uma vez que o lodo possui uma carga orgânica significativa. Em países da Europa e da América do Norte, o lodo costuma ser depositado em aterros sanitários, utilizado em áreas agrícolas ou incinerado, dependendo das características do resíduo. A maioria dos países possui regulamentações que garantem uma disposição segura do lodo. A adição do lodo ao solo parece ser a melhor opção em termos econômicos e ambientais, pois tem custos mais baixos e promove a reciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes presentes no lodo (HIRATA et al., 2015).



3. Metodologia

O objeto de estudo nesta pesquisa é um imóvel de propriedade do autor, no bairro Basílio, na cidade de Pedreira/SP, que não possui rede pública de saneamento básico. No local já existe uma casa de veraneio e o esgoto gerado pelos banheiros, cozinha e área de serviço existentes é encaminhado para um sistema isolado de tratamento de esgoto doméstico e posteriormente direcionado para um sumidouro.

O estudo buscou apresentar um projeto de tratamento individual de esgoto doméstico de outro banheiro que será construído na área externa para atender o setor da piscina e que não possui viabilidade técnica de interligação ao sistema de tratamento de esgoto isolado já existente, visando atender as normas e legislações que regulamentam esse assunto.

4. Resultados

Em muitos imóveis, especialmente em áreas rurais ou regiões afastadas dos centros urbanos, a infraestrutura para coleta e tratamento de esgotos ainda é uma realidade distante. Nestes contextos, surge a necessidade premente de soluções alternativas para o tratamento de esgotos domésticos, que sejam eficientes e ao mesmo tempo ecológicas.

O desenvolvimento e implantação de sistemas autônomos se tornam essenciais não apenas para garantir a saúde e bem-estar dos moradores, mas também para proteger o meio ambiente, prevenindo a contaminação de lençóis freáticos e corpos d'água. Esta discussão centra-se em abordagens e tecnologias que possam suprir essa lacuna, oferecendo soluções robustas para imóveis sem acesso à rede pública de coleta de esgotos.

Pedreira é um município localizado no estado de São Paulo, no Brasil. Situada a cerca de 138 km da capital paulista, a cidade faz parte da região metropolitana de Campinas e está inserida no Circuito das Águas Paulista, conhecido por suas belas paisagens e fontes de águas medicinais. Com uma população aproximada de 50 mil habitantes, Pedreira tem uma economia diversificada, mas é conhecida principalmente como a Capital da Porcelana. A indústria cerâmica é uma das principais atividades econômicas da cidade, com a produção de louças, porcelanas, azulejos e diversos outros produtos relacionados (SAAE, 2023, recuso *online*). A Figura 1 apresenta o perímetro do Município de Pedreira - SP

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Figura 1: Pedreira - SP



Fonte: Dados da pesquisa

Segundo dados de Brasil (2007), de 98% da população total de Pedreira tem acesso aos serviços de esgotamento sanitário. A média do estado de São Paulo é 92,18% e, do país, 66,95%. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) foi estabelecido em 1996 pelo Governo Federal, anteriormente à promulgação da Lei nº 11.445/2007. Atualmente, o SNIS está sob a coordenação da Secretaria Nacional de Saneamento (SNS), vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Sua função principal é coletar dados primários anualmente. A Figura 2 apresenta a distância de Pedreira e a localização da obra.

Figura 2: Distância de Pedreira à obra



Fonte: Dados da pesquisa

O esgotamento sanitário é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários; inclui desde as ligações prediais até o lançamento final no meio ambiente. Mais da metade da população brasileira e grande parte dos municípios ainda não contam com serviços



de esgotamento sanitário e acabam adotando outras formas de coleta, afastamento e, em poucos casos, tratamento dos esgotos (SAAE, 2023, recuso *online*).

Diversas tecnologias são empregadas no tratamento de esgoto doméstico, especialmente em áreas desprovidas de rede pública de esgoto. A fossa seca e o banheiro seco compostável, por exemplo, são voltados para tratamento de fezes e urina sem água e não geram lodo. A técnica de estocagem e uso da urina trata exclusivamente da urina e necessita de um espaço mínimo, entre 1 a 3 m². Os sistemas alagados construídos (SAC) e o círculo de bananeiras são direcionados para águas cinzas e esgoto pré-tratado, sendo que o SAC demanda uma área considerável de até 15 m². Já o reator anaeróbico, a fossa verde, a fossa séptica biodigestora e o tanque séptico focam nas águas do vaso sanitário, com especificidades em termos de espaço e remoção de lodo (TONETTI et al., 2018).

Um destaque é o vermifiltro, que utiliza minhocas para tratamento, convertendo o lodo em húmus. O biossistema integrado (BSI) é o que exige a maior área, chegando a 100 m². Quanto à eficiência, as tecnologias são categorizadas em baixa, média ou alta, com base na porcentagem de matéria orgânica removida. A frequência de manutenção varia, podendo chegar a mais de cinco vezes ao ano. Em relação aos custos, calculados em 2018, eles podem ser baixos, médios ou altos, dependendo do sistema e da capacidade de atendimento. Esta variedade de tecnologias permite uma flexibilidade na escolha do sistema mais adequado de acordo com a realidade de cada localidade (TONETTI et al., 2018).

Tabela 1 - Comparativo de Tecnologias para Tratamento de Esgoto em Comunidades Isoladas

Tecnologia	Tipo de esgoto tratado	Necessário unidade de pré-tratamento	Tipo de sistema	Área necessária*	Remoção de matéria orgânica	Frequência de manutenção	Remoção de Lodo	Custo**
T01 Fossa seca	Fezes e urina (sem água)	Não	Unifamiliar	2 a 4 m ²	Não se aplica		Não	
T02 Banheiro seco compostável	Apenas fezes e um pouco de urina (sem água)	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	3 a 5 m ²	Não se aplica		Não, mas há produção de composto	
T03 Estocagem e usada urina	Apenas urina (com ou sem água)	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1 a 3 m ²	Não se aplica		Não	
T04 Sistemas alagados construídos (SAC)	Águas cinzas Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	7,5 a 15 m ²			Não	
T05 Círculo de bananeiras	Águas cinzas Esgoto pré-tratado	Não para águas cinzas. Sim para esgoto misto	Unifamiliar	3 a 5 m ²	Não se aplica		Não	
T06 Reator anaeróbico de fluxo ascendente unifamiliar	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m ²			Sim	
T07 Fossa verde	Águas de vaso sanitário	Não	Unifamiliar	7 a 10 m ²			Talvez	

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

T08 Fossa séptica biodigestora	Águas de vaso sanitário	Não	Unifamiliar	10 a 12 m ²			Não	
T09 Tanque séptico	Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m ²			Sim	
T10 Filtro anaeróbio	Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m ²			Sim	
T11 Filtro de areia	Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 5 m ²			Não	
T12 Vermifiltro	Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico Esgoto pré tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 4 m ²			Sim, na formade húmus de minhoca	
T13 Biodigestor	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	5 m ²			Sim	
T14 RAFA compacto	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	3 a 8 m ²			Sim	
T15 Biossistema integrado (BST)	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	25 a 100 m ²			Sim	
Remoção de matéria orgânica (eficiência)		Frequência de manutenção			Custo**			
Até 49% (baixa) 50% a 79% (média) 80% ou mais (alta)		1 vez por ano (baixa) 2 a 4 vezes por ano (média) 5 ou mais vezes por ano (alta)			Até R\$ 500 (baixo) R\$ 500 a R\$ 1500 (médio) R\$ 1500 a R\$ 2500 (alto)			
<small>* Para um sistema que atende até 5 pessoas. ** Valores calculados em 2018 para um sistema que atende até 5 pessoas.</small>								

Fonte: Tonetti *et al.* (2018)

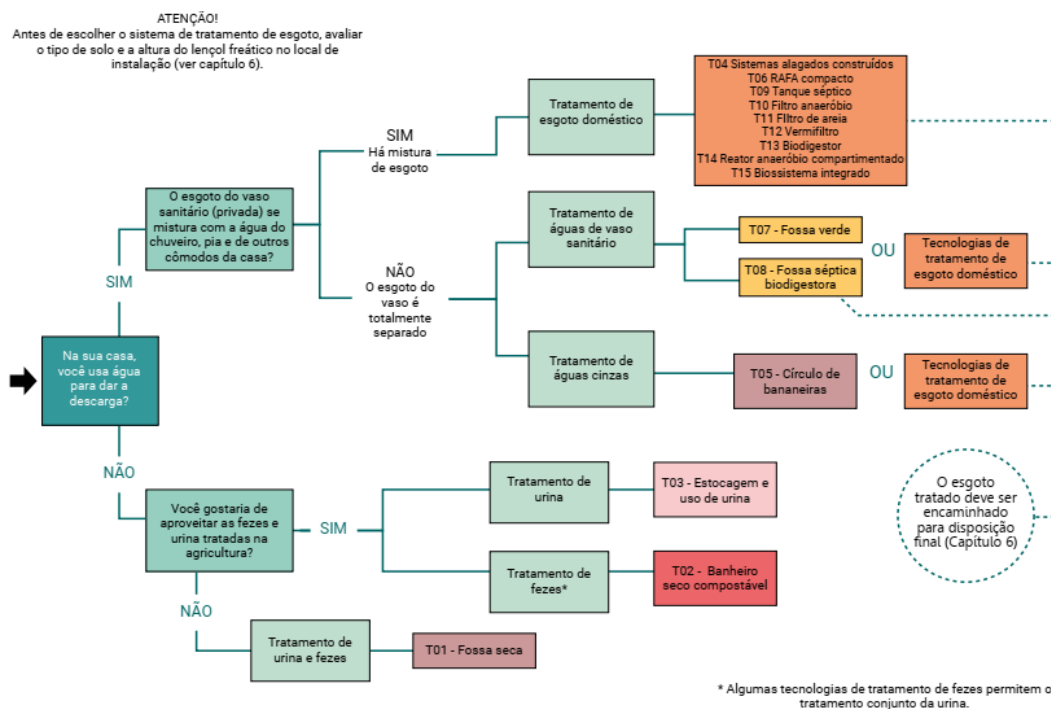
A escolha do Sistema de Tratamento Individual de Esgoto (STIE) é fundamental para assegurar um saneamento adequado em áreas sem acesso a redes de esgoto. A topografia, ou a inclinação do terreno, pode impactar o escoamento do esgoto tratado. O volume de esgoto produzido, influenciado pelo número de habitantes e consumo de água, dita a capacidade necessária do sistema. As características específicas do esgoto, como a presença de substâncias tóxicas ou pH, guiam o tipo de tratamento mais adequado (LANDAU; MOURA, 2016).

O espaço disponível pode limitar as opções de sistemas, enquanto o orçamento disponível influencia na escolha baseada no custo de instalação e manutenção. É essencial também estar atento à legislação local, garantindo conformidade com as normas. Por último, aspectos de sustentabilidade, como o impacto ambiental e a possibilidade de reuso de água, são cada vez mais valorizados na escolha do sistema. Assim, é vital considerar todos esses aspectos, preferencialmente com consultoria especializada, para garantir a eficácia do tratamento e proteção da saúde pública e ambiental (LANDAU; MOURA, 2016). A Figura 2 apresenta o



fluxograma para escolha da tecnologia para tratamento de esgoto doméstico em comunidades isoladas.

Figura 3: Fluxograma para escolha da tecnologia para tratamento de esgoto doméstico em comunidades isoladas



Fonte: Tonetti *et al.* (2018)

A Figura 3 apresentada delinea um fluxograma para a seleção de tecnologias de tratamento de esgoto em comunidades isoladas. Começa com uma nota sobre a importância de avaliar o tipo de solo e a altitude antes de determinar a tecnologia de tratamento. O fluxograma guia o usuário através de várias decisões: se o esgoto do vaso sanitário é misturado com água de outros cômodos, se a água é usada para descarga e se há um interesse em reutilizar fezes e urina tratadas na agricultura. Dependendo das respostas, o usuário é direcionado para diferentes opções de tratamento.

As opções incluem sistemas como os alagados construídos, RAFA compacto e filtro anaeróbio para esgoto doméstico; fossa verde e fossa séptica biodigestora para águas de vaso sanitário; círculo de bananeiras para águas cinzas; e técnicas como estocagem e uso da urina e banheiro seco compostável para tratamento específico de urina e fezes, respectivamente. O diagrama conclui enfatizando a necessidade de encaminhar o esgoto tratado para uma

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

disposição final correta, garantindo que o tratamento seja eficaz e seguro para a comunidade e o meio ambiente.

Quando se tem um sistema em que a descarga é realizada com água e o esgoto do vaso se combina com o da cozinha, ele é categorizado no fluxograma como “tratamento de esgoto doméstico”. Diante das opções de sistemas disponíveis, a escolha recaiu sobre o Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente. Esta decisão foi influenciada principalmente por duas razões: primeiramente, porque existe uma versão comercial deste sistema, referenciada no trabalho de Tonetti *et al.* (2018) como RAFA Comercial, que é reconhecida por sua facilidade de instalação e manutenção. Em segundo lugar, e igualmente importante, é o fato de o reator ser construído em polietileno, material impermeável. Isso significa que, mesmo estando localizado perto das áreas de convívio diário, ele não apresenta riscos de contaminação do solo, garantindo assim a segurança e o bem-estar das pessoas no entorno.

O RAFA Comercial é uma miniestação de tratamento de esgoto, que forma em um só produto o tanque séptico e o filtro anaeróbico que proporciona a extração do lodo sem a necessidade do uso de um caminhão limpa-fossa. Órgãos ambientais como a CETESB não emitem laudos ou certificados para estes produtos. As normas técnicas relacionadas ao tratamento de esgoto são antigas e não contemplam processos mais novos e eficazes, porém, a NBR 13.969/1997 da ABNT, em seu parágrafo de introdução, não impede um fabricante ou usuário de desenvolver outros processos mais compactos, econômicos e eficientes, como por exemplo, já incorporando tanque anaeróbico em substituição ao tanque séptico, desde que devidamente comprovada sua eficiência.

Considerando a propriedade em questão, a qual serve como uma casa de veraneio usada exclusivamente pela família durante os fins de semana, o foco recai sobre a contribuição de um banheiro designado para a piscina e uma cozinha externa planejada para o futuro. Estima-se que a ocupação máxima seja de aproximadamente 15 pessoas por dia. Para determinar o tamanho adequado do Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente, foi consultado o manual do produto. Com base nas especificações do manual e levando em consideração o perfil de uso da propriedade, a categoria "Chácara de Eventos" foi selecionada como a mais apropriada para orientar o dimensionamento. Consequentemente, o produto recomendado para essa aplicação específica é o reator com capacidade para 600 litros. A Figura 4 apresenta o Dimensionamento do Sistema de Tratamento escolhido de acordo com o fabricante A.

O sistema escolhido fornece diretrizes claras sobre a capacidade recomendada de sistemas de tratamento de esgoto com base no tipo de empreendimento e na contribuição diária de esgoto. Para uma Residência de Alto Padrão que produz 160L de esgoto por dia, um sistema de 600L pode servir até 3 pessoas, enquanto um sistema de 3000L atende até 18 pessoas. Já em um contexto de Fábrica, com uma produção diária de 70L, as capacidades variam de atender 8 pessoas em um sistema de 600L a 42 pessoas em um sistema de 3000L.

Notavelmente, para Chácaras de Eventos que têm uma contribuição diária menor de 25L, um sistema de 600L pode acomodar até 24 pessoas, e um sistema de 3000L pode atender até 120 pessoas. Essas orientações são cruciais para assegurar que os empreendimentos

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

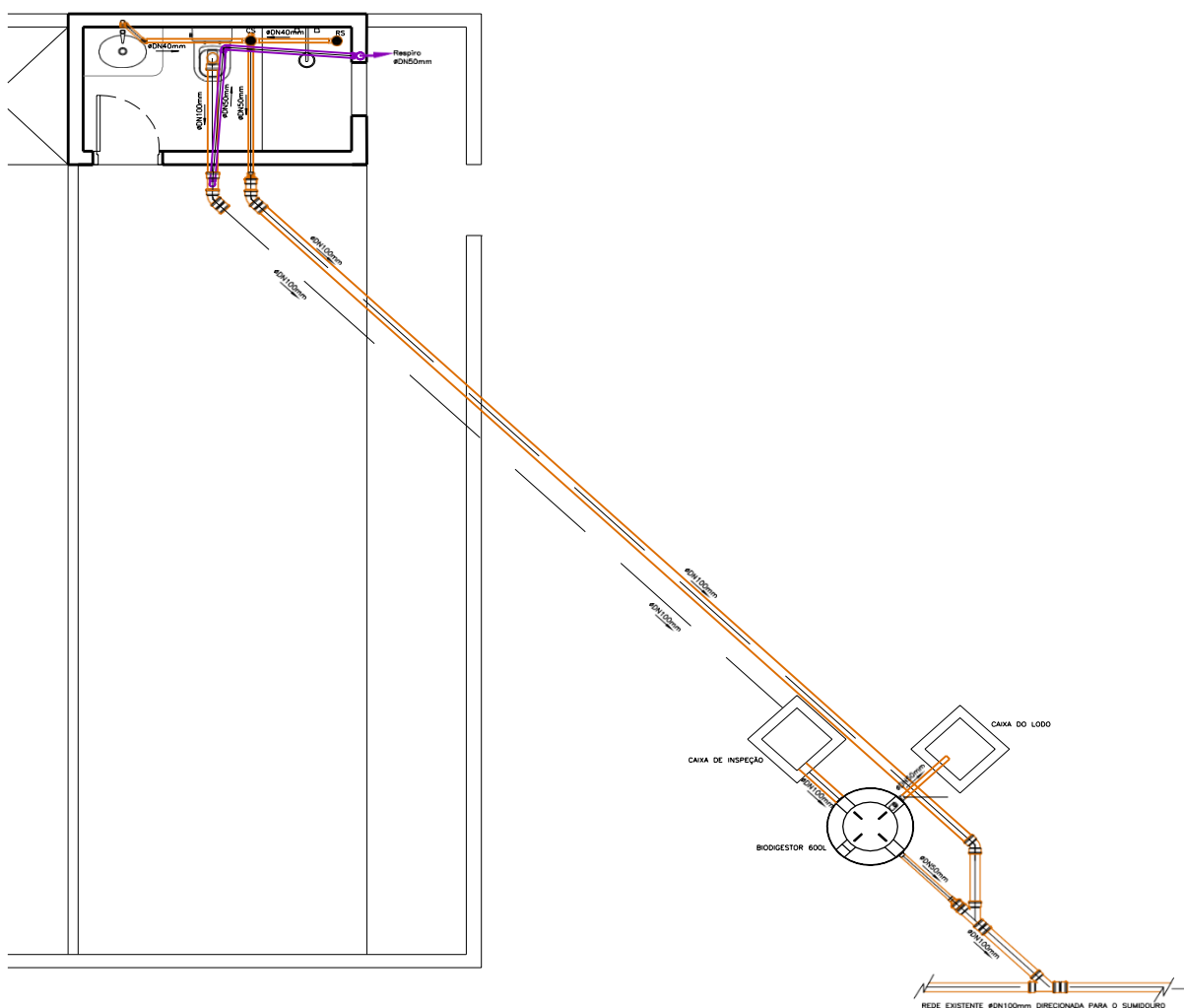
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

escolham sistemas de tratamento adequados às suas demandas, promovendo o tratamento eficiente do esgoto e cumprindo padrões regulatórios. A Figura 4 apresenta o projeto do sistema de coleta e tratamento de esgoto.

Figura 4 - Projeto do sistema de coleta e tratamento de esgoto



Fonte: Dados da pesquisa

O projeto do Sistema de Tratamento de Águas Residuais, elaborado em estrita conformidade com as diretrizes da NBR 8160/1999 da ABNT e com as orientações do manual do produto selecionado. As águas residuais foram categorizadas em dois tipos: águas negras e águas cinzas.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

As águas negras, originadas do vaso sanitário, são inicialmente direcionadas a uma caixa de inspeção e, em seguida, encaminhadas ao sistema de tratamento. Por outro lado, as águas cinzas, provenientes da pia do banheiro e do chuveiro, seguem diretamente para a rede de saída do sistema de tratamento, sendo posteriormente direcionadas ao sumidouro. Tal separação foi planejada considerando as distintas características e cargas poluentes de cada tipo de água.

Uma consideração adicional neste projeto é o funcionamento anaeróbico do sistema de tratamento. Dado que este tipo de sistema frequentemente resulta na produção de gases, projetou-se um sistema de ventilação nas tubulações. Esta medida visa garantir a liberação adequada dos gases gerados durante o processo de tratamento, assegurando tanto a eficiência operacional quanto a segurança. Ao seguir rigorosamente as normas e diretrizes estabelecidas pela ABNT, este projeto promove uma abordagem robusta e confiável para o tratamento de águas residuais.

O projeto tem um custo estimado de R\$3.028,00, sendo desmembrado da seguinte forma: os materiais básicos como areia, brita, cimento, tijolo e barra de aço têm um valor de R\$360,00. O biodigestor com capacidade de 600 litros está orçado em R\$1.168,00, enquanto a mão de obra para instalação e finalização do projeto tem um custo previsto de R\$1.500,00. É crucial ter uma visão clara desses custos para garantir uma implementação bem-sucedida do sistema.

A execução do projeto de Sistema de Tratamento de Esgoto Doméstico começa com a locação do ponto de instalação do sistema e escavação da abertura para colocação do reator anaeróbico de fluxo ascendente com profundidade variando de acordo com a altura da rede de saída de esgoto do banheiro, sendo a base escavada no mesmo formato cônico do biodigestor. Após a escavação, uma camada de areia ou cascalho é compactada no fundo para fornecer uma base estável.

Figura 5 - Instalação do reator anaeróbico de fluxo ascendente



Fonte: Dados da pesquisa

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

O biodigestor é colocado no local e é realizada a instalação do registro de saída de extração de lodo para que então seja construída a caixa de extração de lodo, a qual deve ter uma medida mínima interna de 60x60x60cm e a base forrada apenas com brita. Em seguida, as tubulações de entrada e saída de esgoto são conectadas, garantindo uma vedação adequada e, com o registro de extração de lodo fechado, é colocada água no reator anaeróbico de fluxo ascendente e feito o reaterro conforme a água vai ocupando seu espaço interno, sendo compactado a cada 20cm, utilizando uma mistura de 15 partes de solo com 1 parte de cimento, até o nível da tubulação de saída do esgoto, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 6: Detalhe do acabamento do reator anaeróbico de fluxo ascendente e da caixa de lodo



Fonte: Dados da pesquisa

Com o reator posicionado, o próximo passo é a instalação da tubulação externa, a qual será direcionada e interligada a rede e ao sumidouro existentes já executadas durante a construção da casa de veraneio, considerando a otimização do percurso e minimizando curvas. Uma vez conectadas à caixa e ao reator, as tubulações são testadas para garantir a eficácia e, finalmente, as valas são preenchidas e compactadas. Ao seguir este procedimento meticulosamente, assegura-se a eficiência e durabilidade do sistema de tratamento ao longo do tempo. Por fim, o sistema está pronto para o uso e a única manutenção a ser realizada é a extração do lodo que deve ser realizada em períodos de seca a partir de 12 a 18 meses de início do uso, conforme utilização. A Figura 6 apresenta os detalhes do acabamento do reator anaeróbico de fluxo ascendente e da caixa de lodo antes da instalação de tampas de concreto para proteção e isolamento do sistema.



5. Conclusões

Ao longo desta discussão e análise, abordamos diversos aspectos relacionados ao tratamento de esgoto, principalmente em comunidades isoladas. Exploramos a importância do dimensionamento correto dos sistemas de tratamento e as implicações financeiras associadas a essa escolha.

Foi evidente a necessidade de soluções sustentáveis e eficazes para lidar com o esgoto doméstico, especialmente em locais sem acesso à rede pública de coleta. O impacto positivo de escolher o sistema adequado não se limita apenas ao meio ambiente, mas também à saúde pública e ao bem-estar das comunidades.

Finalmente, conforme destacado na NBR 13.969/1997 da ABNT em seu parágrafo primeiro, não existem impedimentos para os fabricantes ou usuários desenvolverem processos mais compactos, econômicos e eficientes de tratamento de esgoto desde que com a devida comprovação de sua eficiência. Sendo assim, após a devida escolha, elaboração de projeto e instalação do sistema, para a comprovação final de seu perfeito funcionamento, é necessário após determinado tempo de utilização a coleta de amostras do efluente tratado para realização de testes em laboratórios reconhecidos e acreditados pelo INMETRO afim de comprovar o correto tratamento do esgoto.

O trabalho realizado hoje reforça a relevância do tratamento adequado de esgoto em comunidades isoladas, a necessidade de pesquisa e inovação contínua e a importância da gestão eficiente dos recursos.

6. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9648: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário: Procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15p.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília: DOU, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 31. mar. 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.



HIRATA, Delmar et al. O uso de informações patentárias para a valorização de resíduos industriais: o caso do lodo de tratamento de esgoto doméstico. **Revista de Ciências da Administração**, v. 17, n. 43, p. 55-71, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2735/273543309005.pdf>. Acesso em: 18. maio. 2023.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abes, 1995. 720 p.

LANDAU, Elena Charlotte; MOURA, Larissa (Ed.). **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Brasília: Embrapa, 2016. 975 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1063680/variacao-geografica-do-saneamento-basico-no-brasil-em-2010-domicilios-urbanos-e-rurais>. Acesso em: 18. maio. 2023.

LINO, F. A. M. **Proposta de aproveitamento do potencial energético do resíduo sólido urbano e do esgoto doméstico com minimização dos impactos ambientais**. 2014. Tese de Doutorado. Doctorate Thesis, State University of Campinas, BR. Disponível em: . Acesso em: 08. ago. 2023.

MARQUES, Larissa Rabelo. **Tratamento de esgoto - um texto didático para o ensino médio**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Licenciada em Química. Instituto de Química. Universidade de Brasília. Brasília/DF: 2013. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5914/1/2013_LarissaRabeloMarques.pdf. Acesso em: 18. maio. 2023.

ROSA, Alexsandra Matilde Resende; GUARDA, Vera Lúcia de Miranda. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. 2019. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, maio/ago. 2019 (p. 197-220). Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/15884>. Acesso em: 31. mar. 2023.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE PEDREIRA – SAAE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Pedreira - Revisado 2023**. SAAE. 2023. Disponível em: <https://www.saaepedreira.com.br/pag/downloads>. Acesso em: 08. ago. 2023.

SILVA NETTO, Joviniano Pereira. Panorama da gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 241-258, 2022. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8812. Acesso em: 31. mar. 2023.

TONETTI, Adriano Luiz; BRASIL, Ana Lúcia; MADRID, Francisco José Peña y Lillo; FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles; SCHNEIDER, Jerusa; CRUZ, Luana Mattos de Oliveira; DUARTE, Natália Cangussu; FERNANDES, Patrícia Moreno; COASACA, Raúl

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Lima; GARCIA, Rodrigo Sanches; MAGALHÃES, Tainá Martins. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. **Biblioteca/Unicamp. Campinas, São Paulo**, v. 153, 2018. Disponível em: <https://www.fecfau.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%3%a9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>. Acesso em: 31. mar. 2023.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. v. 2. 1996. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1pxhLVxVFHoC&oi=fnd&pg=PA17&dq=VON+SPERLING,+M.+Princ%C3%ADpios+b%C3%A1sicos+do+tratamento+de+esgotos+-+Princ%C3%ADpios+do+tratamento+biol%C3%B3gico+de+%C3%A1guas+residu%C3%A1rias.+Belo+Horizonte,+UFMG.+v.2.+1996&ots=CjFvE1-K4l&sig=F-cKI08AcpOd7h6OYZzd1Stizk8>. Acesso em: 18. maio. 2023.