

Uso de Biodigestores em Estação de Tratamento de Esgoto

Use of Biodigesters in the Sewage Treatment Station

Leandro de Oliveira Silva

Unopar, Departamento de Engenharia. PR, Brasil.

E-mail: leandro.o.silva@cogna.com.br

Resumo

Com o crescente aumento da população mundial se amplia a necessidade do tratamento adequado dos resíduos gerados. Uma estação de tratamento de efluentes (ETE) tem diferentes etapas, sendo assim o tratamento de esgoto é fundamental para a saúde e o meio ambiente, quando o mesmo não acontece pode haver a contaminação das fontes de águas potáveis como lençóis freáticos, minas e rios, contribuindo desse modo com a propagação de doenças. Tradicionalmente, o tratamento de águas residuais compreende processos químicos, físicos e biológicos, cada um com suas peculiaridades. No entanto, no processo biológico surge uma oportunidade única, na qual se pode beneficiar de um subproduto, como o biogás e o biofertilizantes, isso porque os biodigestores surgiram como uma tecnologia alternativa junto ao tratamento de esgoto doméstico, em comunidades carentes de baixa renda e com difícil acesso às grandes áreas urbanas, seu uso vem ganhando atenção como uma forma sustentável e econômica no processo de tratamento de resíduos. Esses são reatores, que por meio de um processo anaeróbico, convertem a matéria orgânica em biogás, que por sua vez, quando tratados podem ser utilizados como fonte de energia renovável. É recurso importante no mecanismo de desenvolvimento limpo e para o sistema de venda de crédito em carbono para o mercado.

Palavras-chave: Biodigestores. Saneamento Básico. Energias Renováveis. Biogás.

Abstract

With the increasing growth in the world population, the need for adequate treatment of waste generated increases. An effluent treatment plant (ETE) has different stages, so sewage treatment is essential for health and the environment. When this does not happen, there may be contamination of drinking water sources such as groundwater, mines and rivers, thus contributing to the spread of diseases. Traditionally, wastewater treatment comprises chemical, physical and biological processes, each with its own specialists. However, in the biological process a unique opportunity arises, where we can benefit from a by-product, such as biogas and biofertilizers, because biodigesters have emerged as an alternative technology alongside the treatment of domestic sewage in poor, low-income communities with difficult access to large urban areas, its use has been gaining attention as a sustainable and economical way in the waste treatment process. These are reactors that, through an anaerobic process, convert organic matter into biogas, which in turn, when treated, can be used as a source of renewable energy. It is an important resource in the clean development mechanism and the system for selling carbon credits to the market.

Keywords: Biodigesters. Basic Sanitation. Renewable Energy. Biogas.

1 Introdução

O tratamento de águas residuais é um processo importante para garantir a proteção do meio ambiente e da saúde pública. Um dos grandes desafios no tratamento de águas residuais é a gestão do lodo gerado durante o processo e a emissão dos gases de efeito estufa. Os Biodigestores surgiram como uma tecnologia promissora para o tratamento de águas residuais, do gerenciamento deste lodo e dos gases desse provenientes (Nazaro, 2016).

Biodigestores são reatores anaeróbicos, que convertem matéria orgânica em biogás, que é uma mistura de biometano e dióxido de carbono. No tratamento de águas residuais, esses biodigestores são usados para tratar resíduos como o lodo rico em orgânicos produzidos no processo. O biogás produzido pode ser utilizado como fonte de energia

renovável ou queimada para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Azevedo Frigo, 2015; Lampert, 2021; Santos; Costa; Rocha, 2022;).

As vantagens da utilização de biodigestores, no tratamento de águas residuais, são muitas. Em primeiro lugar, oferecem soluções sustentáveis para a gestão do lodo de esgoto, que podem representar custos ambientais e econômicos significativos. Em segundo lugar, o biogás pode ser utilizado como fonte de energia renovável, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo uma economia de baixo carbono. Finalmente, os biodigestores conseguem reduzir as emissões de gases de efeito estufa por meio da captura e utilização do biometano produzido durante o tratamento (Spindler, 2018).

Segundo Gueri et al. (2017), a digestão anaeróbica apresenta uma tecnologia promissora para o tratamento de

águas residuais. A utilização de biodigestores pode propiciar uma economia de custos, por meio de uma gestão mais eficiente na eliminação dos lodos e na geração de receitas com a venda do excesso de biogás. O uso do biogás quando tratado, se apresenta como uma fonte de energia renovável com diversas aplicações no tratamento de águas residuais, podendo ser empregado para geração de eletricidade, calor ou combustível para veículos. A utilização desse subproduto, como fonte de energia renovável, pode reduzir significativamente os custos energéticos das estações de tratamento de águas residuais e contribuir para uma economia de baixo carbono.

O objetivo deste estudo foi investigar a eficácia e o potencial dos biodigestores no tratamento de esgotos em estações de tratamento de esgoto (ETE), com foco especial na produção de biogás, a partir de resíduos gerado pelos esgotos urbanos. Pretendeu-se avaliar a viabilidade científica e financeira da exploração do biogás como uma fonte de energia renovável. Além disso, o estudo buscou compreender os benefícios ambientais associados ao uso de biodigestores, incluindo a melhoria da qualidade do solo e da água, a redução da poluição e a contribuição para uma economia de baixo carbono. Por fim, o estudo visou identificar as barreiras e oportunidades para a disseminação de biodigestores como uma solução sustentável para o tratamento de esgotos em ETE.

2 Desenvolvimento

2.1 Metodologia

A metodologia empregada para este estudo envolveu pesquisas bibliográficas de acordo com a metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanalyses) (Galvão; Pansani, 2015; Liberati et al., 2009) e análise documental. Uma pesquisa teórica abrangente, que se estendeu ao longo das últimas décadas. As publicações consideradas foram tanto em inglês quanto em português, extraídas da base de dados do Google Acadêmico com as seguintes queries de busca: “tratamento de esgoto”, “Tecnologia de tratamento de efluentes”, “biodigestores no tratamento de efluentes” e “biogás produzido em estação de tratamento de esgotos”.

Além disso, foram pesquisados bancos de dados de instituições de pesquisa renomadas, como Itaipu, Embrapa e Emater e sites de empresas responsáveis pelo tratamento de esgotos em todo o país. Inicialmente, foram selecionadas cinquenta publicações com base na leitura do resumo ou introdução. Após uma análise mais aprofundada, 24 dessas publicações foram escolhidas para uma leitura mais detalhada. As publicações selecionadas abrangem um recorte temporal de 1995 até o ano atual de 2023. Essa metodologia permitiu uma análise abrangente e atualizada das práticas e tecnologias mais recentes no campo do tratamento de águas residuais, o uso de biodigestores e a relação de ambos em estações de tratamento de esgoto.

2.2 Poluentes provenientes do tratamento do esgoto

O tratamento de esgoto é um processo desenvolvido para remover contaminantes e poluentes das águas residuais antes que essas sejam devolvidas ao meio ambiente. Águas residuais, conhecidas também como esgoto, são qualquer água que tenha sido utilizada em residências, indústria ou agricultura e contenha uma variedade de poluentes que conseguem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana (Neiva, 2021). O tratamento de esgoto é necessário, porque esse não tratado pode causar estragos ao meio ambiente, incluindo poluição de corpos de água, solo e ar. Desse modo, o tratamento do esgoto desenvolve um papel importante na prevenção e proteção da saúde pública e do meio ambiente.

O processo de tratamento de esgoto envolve três etapas que visam remover poluentes físicos, químicos e biológicos das águas residuais. Esse processo, normalmente, envolve tratamento químico, no qual produtos químicos retiram os contaminantes por meio de reações químicas, os produtos são: coagulantes, neutralizadores de pH e agentes de floculação. Em seguida se tem o tratamento físico, que restringe a remoção de partículas sólidas do esgoto por intermédio da separação física. E finalmente, o tratamento biológico, o qual utiliza de agentes biológicos como bactérias e algas, para degradar e eliminar a matéria orgânica, esses podem ser divididos em duas categorias, aeróbio e anaeróbio, processos necessários antes que as águas sejam descarregadas de volta ao meio ambiente (SAAE, 2022).

O esgoto contém uma variedade de poluentes comuns, incluindo matéria orgânica, nutrientes, patógenos e produtos químicos, como metais pesados. Estes poluentes podem ter efeitos graves no meio ambiente e na saúde humana, incluindo o potencial de bioacumulação, transporte e contaminação de águas superficiais. A falta de tratamento adequado de esgoto e o lançamento ilegal de efluentes estão entre as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos. Portanto, é fundamental tratar adequadamente os esgotos para minimizar o impacto negativo desses poluentes ao meio ambiente e para a saúde humana (Bittencourt *et al.*, 2016).

2.3 Meio ambiente

O tratamento de esgoto é um processo que visa remover contaminantes das águas residuais antes que essas sejam lançadas no meio ambiente para evitar a poluição das águas. A água poluída é capaz de causar danos aos peixes e outros organismos aquáticos, levando ao declínio das suas populações e até mesmo sua extinção. Além disso, a poluição da água também pode ter consequências graves para a saúde humana, uma vez que a água contaminada consegue espalhar doenças e infecções (Tera Ambiental, 2013).

Da mesma forma, quando o esgoto não é tratado adequadamente, contamina o solo, tornando-o impróprio para a agricultura e outros usos. Solo poluído pode levar ao

acúmulo de toxinas nas plantas, o que ocasiona prejuízos à saúde humana se consumidas. Isto provoca um impacto significativo na segurança alimentar e na economia, uma vez que os produtos agrícolas podem se tornar escassos e caros (Souza *et al.*, 2011)

Os poluentes provenientes dos esgotos contribuem também para a poluição do ar, podendo ocasionar impactos negativos na sua qualidade. A liberação de poluentes como óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre pode levar a problemas respiratórios e outros problemas de saúde. Além disso, a poluição atmosférica pode ter impactos negativos no meio ambiente, contribuindo para as alterações climáticas e outros problemas ambientais. Sendo assim, é importante tratar adequadamente o esgoto para minimizar a liberação de poluentes no meio ambiente (Tera Ambiental, 2013).

2.4 Saúde humana

A interação com materiais oriundos do processo de tratamento de esgoto pode propiciar várias enfermidades em humanos. Tais materiais podem abranger compostos químicos de alta densidade, metais e micro-organismos causadores de doenças, que têm potencial para prejudicar a saúde respiratória e gastrointestinal. A exposição a essas substâncias poluentes pode ocorrer quando a ingestão de água e alimentos contaminados, bem como por meio da inalação de partículas presentes no ar. A falta de investimentos no tratamento de esgoto é capaz de elevar a contaminação de rios, lagos e oceanos, aumentando o risco de exposição a essas substâncias poluentes (Costa *et al.*, 2022).

O contato com as impurezas do esgoto pode representar riscos prejudiciais à saúde humana. Água e alimentos contaminados podem conter bactérias, vírus e parasitas capazes de causar doenças como diarreia, hepatite A e febre tifoide (Bayer; Uranga; Fochezatto, 2021; Ribeiro; Rooke, 2010). Além disso, a exposição a substâncias prejudiciais consegue levar a problemas adversos, como asma e bronquite. A bioacumulação de substâncias poluentes em peixes e outros animais pode proporcionar ingestão dessas substâncias por humanos, aumentando ainda mais o risco de contato com essas substâncias prejudiciais. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (2004), dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de várias doenças, entre as quais febre tifoide e paratifoide, diarreias infecciosas, amebíase, ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase, etc. Por isso, torna-se indispensável afastar as possibilidades de seu contato.

Para minimizar o risco de exposição a impurezas de esgoto, é importante que os governos invistam em tecnologias de tratamento de esgoto. Além disso, é fundamental que as pessoas evitem o contato com água e alimentos contaminados e tomem medidas para garantir que a água potável seja segura para consumo. A conscientização sobre os riscos associados à exposição a impurezas de esgoto também pode ajudar a minimizar o impacto dessas impurezas na saúde humana.

O tratamento de esgoto desempenha um papel crucial na manutenção da qualidade do meio ambiente e na proteção da saúde dos seres vivos. Contudo, a inquietação em relação aos poluentes orgânicos presentes no lodo de esgoto tem aumentado. A existência de fármacos (como antibióticos, sedativos, anticonvulsivos), hormônios (tanto naturais quanto sintéticos), fragrâncias, bactericidas, entre outros contaminantes orgânicos, em diversos ambientes é um problema emergente. Isso se deve à falta de dados sobre o possível impacto associado à sua presença, seu destino e seus efeitos ecotoxicológicos (Bittencourt *et al.*, 2016).

A exposição a poluentes do esgoto igualmente pode levar a vários riscos à saúde, incluindo doenças transmitidas pela água e pelos alimentos. Portanto, é importante tomar medidas para minimizar o risco de contato com poluentes de esgoto, tais como a eliminação adequada de resíduos perigosos e a manutenção regular das instalações de tratamento de esgoto. Ao fazer isso se pode garantir um ambiente mais limpo e saudável para os seres vivos. Paraíba e Saito (2005) descreveram que o lodo de esgoto é um material complexo, que resulta do processo de tratamento primário e secundário de esgoto e seu descarte é motivo de preocupação no Mundo todo.

Além de poluentes como micro-organismos e metais pesados, substâncias químicas sintéticas, provenientes de diversas fontes, podem estar presentes na solução ou podem ser sorvidas nos sólidos de lodo de esgoto[...]alguns desses poluentes podem ser encontrados tanto na fase gasosa do ar quanto sorvidos em partículas orgânicas sólidas ou em partículas contendo carbono orgânico em suspensão no ar.

2.5 Biodigestores

Os biodigestores são sistemas específicos para processar matéria orgânica por meio anaeróbia (ausência de oxigênio), esse sistema contribui na produção de fertilizantes biológicos e na geração de biogás. Basicamente, os biodigestores são compartimentos fechados, nos quais a matéria orgânica é depositada e decomposta, produzindo dois subprodutos finais, o biogás e o biofertilizante (Colatto; Langer, 2011).

Segundo Azevedo Frigo (2015), existem diferentes tipos de biodigestores como canadense, indiano, chinês, entre outros. Cada modelo possui características de funcionamento próprias, que dependem do tipo de material utilizado e das condições locais. Em geral, um biodigestor é um sistema que converte resíduos orgânicos em fonte de energia renovável e fertilizante, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

A importância dos biodigestores no desenvolvimento sustentável é inegável. O biodigestor é um dispositivo usado no processo de tratamento da matéria orgânica, empregando resíduos de origem animal e/ou vegetal. Além disso, o uso de biodigestores consegue ajudar a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, pois o biogás produzido pode ser utilizado como fonte de energia renovável (Lins *et al.*, 2022). Estudos

como de Ferreira e Silva (2009) demonstraram que o uso de biodigestores é capaz trazer benefícios socioeconômicos e ambientais, como melhoria da qualidade do solo, da água, redução da poluição, crédito de carbono e geração de empregos.

Pode-se dizer, de forma simples, que um biodigestor é um sistema de tratamento que valoriza os resíduos orgânicos em fonte de energia renovável e fertilizante. Logo, verifica-se que é de extrema importância pesquisar e incentivar a adoção de biodigestores como alternativa sustentável em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE).

2.6 Biodigestor na gestão de resíduos

Os biodigestores ganharam popularidade nos últimos anos como uma solução potencial para práticas sustentáveis e na gestão de resíduos. A biodigestão, como visto anteriormente, é uma ecotecnologia que envolve o uso de sistemas anaeróbicos para converter resíduos orgânicos em biogás e biofertilizante.

De 2010 a 2019, o Brasil conseguiu tratar 38,3 milhões de metros cúbicos de dejetos animais, resultando em 391 milhões de t CO_{2eq} (toneladas de dióxido de carbono equivalente) de mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), montante 57 vezes maior que a meta estipulada pelo plano (6,9 milhões de tCO_{2eq})” (Lampert, 2021).

O processo de digestão anaeróbica é realizado por micro-organismos que decompõem os resíduos orgânicos na ausência de oxigênio. Biodigestores caseiros são comumente usados em regiões pobres e afastadas dos grandes centros urbanos, o que dificulta a construção de uma rede de tratamento de esgoto, em seu funcionamento os resíduos são partes convertidos em biofertilizante, e outra convertido em biogás. O processo de digestão anaeróbica produz metano, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e biofertilizante, que pode servir como adubo (Lins et al., 2022).

O gás metano consegue substituir o gás de cozinha, levando a uma fonte de energia mais sustentável para as famílias, ou aproveitado para a combustão de motores, gerando uma força mecânica e pode ser usado em carros ou em geradores de energia elétrica (Milanez et al., 2021). Biodigestores podem ser projetados e desenvolvidos para se adaptarem às residências com base nas necessidades e preferências do usuário, sendo personalizado aos usuários e passível de qualquer alteração de modelo e uso. Kunz, Steinmetz e Amaral (2022) enfatizaram bem a história dos biodigestores e sua importância energética:

No Brasil, o uso energético do biogás vem sendo realizado há pelo menos 40 anos, quando foi iniciado e integrado no modelo da “revolução verde” nos anos 1970. Na última década, o biogás tem sido utilizado como fonte de energia nacional, principalmente devido ao incentivo do mercado de créditos de carbono, que busca a redução das emissões do metano – componente do biogás contribuinte do efeito estufa. [...] Os substratos utilizados na biodigestão provêm de diversas fontes industriais e agropecuárias.

Os biodigestores também são utilizados para gerenciar os resíduos orgânicos gerados nas residências, facilitando as

atividades de saneamento. A tecnologia pode ser montada e operada com a ajuda de um modelo simples ou até mesmo em modelos mais complexo.

2.7 Benefícios dos biodigestores

Os benefícios do uso de biodigestores na gestão de resíduos são numerosos e podem ter impactos expressivos no meio ambiente e nas comunidades locais. Os biodigestores podem substituir os métodos atuais de saneamento e separação de resíduos, capazes de serem mais amplamente aceitos pelos usuários finais. Além disso, os biodigestores conseguem gerar biofertilizantes com potencial produção de N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio), reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos. A estratégia de utilização de biodigestores pode ser aplicada com outras ecotecnologias desenhadas de acordo com a localidade (Barros, 2011).

Já o biogás gerado por biodigestores pode ser utilizado como principal fonte de energia para cozinhar alimentos, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo a utilização de esterco pecuário e palha de colheita. Além disso, a produção e utilização de biogás é benéfica para mitigar as emissões de gases com efeito estufa, promovendo uma abordagem sustentável à gestão de resíduos que considera fatores econômico (Lins et al., 2022; Milanez et al., 2021).

2.8 Diferentes contextos

Os biodigestores são versáteis e podem ser usados em vários contextos de gestão de resíduos, incluindo resíduos municipais, agrícolas e industriais. Os biodigestores fornecem uma tecnologia alternativa para uma boa gestão de resíduos e devem ser utilizados em um aspecto mais amplo. No entanto, existem barreiras à disseminação do biodigestor em função do cenário fragmentado da governança do biogás em certas áreas. Pesquisas como Geração de energia e biogás usando biodigestores são uma opção ambientalmente correta para região metropolitana do Recife, que mostram que os biodigestores conseguem ser uma alternativa viável aos métodos atuais de saneamento e gestão de resíduos. (Pimentel et al., 2015).

2.9 Biogás

O biogás é uma fonte de energia renovável e sustentável que pode ser produzido por meio da digestão anaeróbica de matéria orgânica por micro-organismos. É uma mistura de metano, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono, oxigênio, nitrogênio e compostos orgânicos, a reciclagem desses podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa e tem finalidade de biorrefinaria.

O biogás pode ser produzido a partir de vários resíduos orgânicos, como: resíduos agrícolas, lodo de esgoto e no aterro sanitário. O conteúdo energético do biogás purificado é equivalente a diferentes tipos de combustível, como gasolina, bioetanol ou gás natural. Sua multiutilização serve para

cozinhar, aquecer, iluminar e gerar energia em residências. As indústrias caseiras/de pequena escala utiliza biogás para bombeamento, moagem e outras atividades de produção. Biogás é uma fonte de energia limpa, eficiente e renovável. A biomassa do digestor é rica em amônio e outros nutrientes que podem ser usados como fertilizante orgânico.

As fontes de energia renovável são uma realidade mundial na busca por alternativas para a substituição do petróleo. O biogás se apresenta como uma fonte energética limpa e com grande destaque no aproveitamento de resíduos nocivos ao meio ambiente. A tecnologia no processo de produção desse biocombustível é dominada por praticamente todos os países com destaque nesse artigo para Alemanha, Reino Unido, Itália, França, Estados Unidos, Brasil, China e Índia. O biogás tem grande destaque no mundo como fonte de energia elétrica, mas em países desenvolvidos esse tipo de biocombustível também é muito utilizado como combustível para veículos automotores e aquecimento doméstico. O aumento da consciência ecológica das grandes potências mundiais pode aumentar o uso do biogás, pois esse biocombustível apresenta inúmeras vantagens se comparado com os combustíveis fósseis, tais como a facilidade de produção e preservação do meio ambiente (Guimarães; Galvão, 2013).

Os benefícios do biogás são numerosos e de longo alcance. Um dos benefícios sociais mais expressivos do biogás é a sua contribuição para a melhoria das condições de saúde e mudanças no estilo de vida dos agregados familiares. Isto ocorre porque os biodigestores conseguem substituir os botijões de gás tradicionais através de uma solução gasosa de dióxido de carbono com gás metano (Guimarães; Galvão, 2013) reduzir a poluição do ar interior e proporcionando um ambiente de cozinha mais limpo e seguro. Além disso, as populações rurais que utilizam digestores de biogás são capazes melhorar as condições de vida e, ao mesmo tempo, que recebem benefícios financeiros.

Outra vantagem é que, alguns alimentos podem ser cultivados utilizando fertilizantes provenientes de centrais de biogás, contribuindo para uma agricultura sustentável e promovendo uma economia circular. O biogás também tem potencial para melhorar o saneamento quando ligado a banheiros públicos e chiqueiros, isso porque a produção de biogás é altamente eficiente, proporcionando assim, inúmeros benefícios, incluindo minimização de custos, maximização da eficiência, geração de empregos, confiabilidade do sistema, minimização de produtos petrolíferos, maximização do uso de recursos locais e minimização de emissões.

Desse modo, compreende-se que o biogás pode ajudar a atender às demandas energéticas de forma descentralizada e sustentável, utilizando materiais disponíveis localmente. Do ponto de vista ambiental, o biogás tem muitos benefícios, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e a melhoria da fertilidade do solo. O biogás pode ser armazenado de diversas formas, como tanques pressurizados, cilindros de gás e sacos de gás. Projetos futuros devem centrar-se nestas áreas para avançar ainda mais o biogás como fonte de energia renovável e contribuir para um futuro sustentável.

2.10 Produção de biogás por meio de biodigestores em estações de tratamento de esgoto (ETE)

O biodigestor é um dispositivo empregado para agilizar o processo de eliminação de matéria orgânica presente em resíduos como o esgoto doméstico. São consideradas uma solução inteligente, sustentável e prática para o tratamento de águas residuais domésticas. Muitos países ainda carecem de infraestruturas de saneamento básico, o que constitui um grande problema de saúde pública. Nas áreas urbanas, o problema do tratamento de águas residuais é particularmente exigente, uma vez que existe uma elevada densidade populacional. Contudo, a utilização de digestores biológicos em estações de tratamento de águas residuais é uma solução viável para este problema.

A instalação de diversos modelos de biodigestores incluindo estações de tratamento de esgoto consegue não só ajudar a melhorar a qualidade das águas residuais, mas, segundo Guimarães e Galvão (2013), os biodigestores também fornecem uma fonte de energia renovável. Isto pode ser particularmente benéfico nos países em desenvolvimento nos quais o acesso às fontes energéticas é limitado.

As energias renováveis são aquelas obtidas de fontes naturais capazes de se regenerar, portanto, potencialmente inesgotáveis, atualmente, menos de 15% da energia consumida no mundo é renovável. A busca pela autossuficiência na geração de energia está diretamente ligada a diversificação da matriz energética. Assim, as grandes nações procuram por diferentes fontes de energias alternativas para suprir suas demandas visando uma escassez de combustíveis fósseis. Entre as energias renováveis pode-se destacar: solar (fotovoltaica e térmica), biogás (proveniente do lixo, esterco ou esgoto), biomassa (produção de energia a partir de materiais orgânicos, restos agrícolas e serragem), eólica (energia retirada dos ventos), hídrica (energia da água dos rios, marés e ondas) e biocombustível (biodiesel e o etanol) (Guimarães; Galvão, 2013).

A produção de biogás em estações de tratamento de esgoto tem um potencial significativo de crescimento no futuro. O mercado de biodigestores tanto para Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) quanto para o setor do Agronegócio está em expansão, estudos como o artigo estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estações de tratamento de esgoto, de Bilotta e Ross (2021) têm sido realizados para avaliar a viabilidade de geração de energia elétrica utilizando biogás em estações de tratamento de esgoto.

Biodigestores são utilizados em diversas etapas do processo de tratamento de esgoto em ETE. Eles conseguem ser usados para o tratamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Em uma estação de tratamento de esgoto convencional, o processo é dividido em três etapas: pré-tratamento, tratamento primário e tratamento secundário. Os biodigestores podem ser aproveitados em todas as etapas do processo, contribuindo para a eficiência do sistema de tratamento de esgoto.

A proporção entre esses componentes depende do tipo de tratamento biológico e do substrato utilizado, que pode ser

resíduo sólido urbano, esgoto doméstico, lodo de tratamento de esgoto, dejetos animais, entre outros (Garcilasso *et al.*, 2008; Venkatesch; Elmi, 2013).

A otimização do tratamento de águas residuais empregando digestores de biogás em estações de tratamento de esgoto é uma abordagem inovadora e promissora para alcançar a autossuficiência energética. Os digestores de biogás desempenham um papel crucial na digestão anaeróbica de lodos ativados, conduzindo para geração de biogás, que pode ser convertido em energia para alimentar o funcionamento da estação.

O uso desses digestores em estações de tratamento de águas residuais tem diversas vantagens, como melhor separação de lodo primário, lodo ativado de resíduos espessado, aumento da temperatura operacional e melhor mistura do digestor, o que aumenta significativamente a produção de biogás. A digestão em série é um método eficaz para otimizar a produção de biogás a partir de estrume, em comparação com um processo de uma única etapa.

O biogás beneficia diversos setores industriais. A transformação de resíduos em energia é capaz de aumentar a receita de uma empresa e reduzir custos, além de contribuir ativamente para a resolução de problemas ambientais. A indústria pode aproveitar resíduos orgânicos para produzir seu próprio combustível resultados de suas atividades, transformando passivos ambientais em ativos energéticos (Milanez *et al.*, 2021)

3 Conclusão

É de extrema importância considerar a geração de energias renováveis para alavancar o uso de digestores de biogás em estações de tratamento de esgoto. É importante também avaliar, cientificamente e financeiramente, a exploração do potencial da produção de biogás, a partir de resíduos orgânicos gerados por outras fontes, como a agricultura e o processamento de alimentos. Além disso, a eficácia dos biodigestores, em estações de tratamento de esgoto (ETE), deve ser examinada mais profundamente.

Referências

AZEVEDO FRIGO, K.D. et al. Biodigestores: seus modelos e aplicações. *Acta Iguazu*, v.4, n.1, p.57-65, 2015.

BARROS, T.D. Biofertilizante. Campinas: Ageitec, 2011.

BAYER, N.M.; URANGA, P.R.R.; FOCHEZATTO, A. Política Municipal de Saneamento Básico e a ocorrência de doenças nos municípios brasileiros. *urbe. Rev Bras. Gestão Urbana*, v. 13, 2021.

BILOTTA, P.; ROSS, B.Z.L. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. *Eng. Sanitaria Amb.*, v.21, p.275-282, 2016.

BITTENCOURT, S. et al. Sorção de poluentes orgânicos emergentes em lodo de esgoto. *Eng. Sanitaria Amb.*, v.21, p.43-53, 2016.

COLATTO, L.; LANGER, M. Biodigestor-resíduo sólido

pecuário para produção de energia. *Unoesc Ciênc. ACET*, v.2, n.2, p.119-128, 2011.

COSTA, G.R. et al. Saneamento básico: sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. *Paramétrica*, v.14, n.1, 2022.

LAMPERT, C.M. Um estudo sobre o uso de biodigestores no Brasil. Belo Horizonte: UFMG, 2021.

LINS, L.P. et al. O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável. *Interações*, v.23, n.4, 2022.

FERREIRA, J.C.B.; SILVA, J.N. Biodigestor: aplicações e potencialidades. Um estudo de CASO DO IFMG CAMPUS BAMBUÍ. IN: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG CAMPUS BAMBUÍ E II JORNADA CIENTÍFICA, v. 19, 2009.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

GALVÃO, T.F.; PANSANI, T.S.A. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: a recomendação PRISMA. *Epidemiol. Serv. Saúde*, v.24, p.335-342, 2015. doi: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>

GARCILASSO, V.P. et al. Potencial de geração de energia elétrica e iluminação a gás por meio do aproveitamento de biogás proveniente de aterro sanitário. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 7 Anais... 2008a. Fortaleza: Universidade de Fortaleza.

GUERI, M.D.; SOUZA, S.N.M.; KUCZMAN, O. Parâmetros operacionais do processo de digestão anaeróbica de resíduos alimentares: uma revisão. *BIOFIX Sci. J.*, v.3, n.1, p.17-25, 2017.

GUIMARÃES, C.M.M.; GALVÃO, V. Produção e uso do biogás. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA. São Paulo, 2013.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med.*, n.6, v.7, e1000100, 2009. doi: 10.1371/journal.pmed.1000100

KONRAD, O. et al. Avaliação da produção de biogás e geração de metano a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual. *Rev. Destaques Acad.*, v.2, p.49-55, 2010.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R.; AMARAL, A.C. Fundamentos da digestão anaeróbica, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2022.

MILANEZ, A.Y.; MAIA, G.B.S.; GUIMARÃES, D.D. Biogás: evolução recente e potencial de uma nova fronteira de energia renovável para o Brasil. *BNDES*, v.27, n.53, p.177-216, 2021.

NAZARO, M. S. Desenvolvimento de um biodigestor residencial para tratamento dos

resíduos sólidos orgânicos. Trabalho de Conclusão de curso (Engenharia Sanitária e

Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016, 105p.

NEIVA, T.B.; NUMATA, F. A importância do tratamento biológico de esgoto no Brasil e as tecnologias existentes. *Rev. Cient. Multidisc. Núcleo Conhec.*, v.4, p.110-134, 2021.

PACHECO, F. Energias renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, n.149, p.4-11, 2006.

PARAÍBA, L.; SAITO, M.L. Distribuição ambiental de poluentes orgânicos encontrados em lodos de esgoto. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.40, p.853-860, 2005.

- PIMENTA, H.C.D. et al. O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v.22, p. 1-8, 2002.
- PIMENTEL, T.J. et al. Geração de Energia e Biogás usando Biodigestores: uma opção ambientalmente correta para Região Metropolitana do Recife. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-POLÍTICA NACIONAL DE INOVAÇÃO E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Bauru, SP, Brasil, 2015.
- RIBEIRO, J.W.; ROOKE, J.M. S. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010.
- SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto. Tratamento de esgoto. Disponível em: <https://www.saaec.com.br/esgoto/tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 13 set 2023.
- SANTOS, N.M.; COSTA, P.M.M.; ROCHA, M.B. Tendências e padrões do uso de biodigestores em estudos brasileiros. Terra e Didática, v.18, p.e022019-e022019, 2022.
- SOUZA, J.A.A. et al. Contaminação microbiológica do perfil do solo com esgoto sanitário. Acta Sci. Technol., v.33, n.1, p.5-8, 2011.
- SPINDLER, K.S. Os benefícios da utilização de biodigestores no tratamento de efluentes oriundos do esgoto doméstico: uma ferramenta para gestão ambiental. Redin, v.7, n.1, 2018.
- TERA AMBIENTAL. Conheça os danos causados pelos efluentes não tratados. 2013. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/350779/conheca-os-danos-causados-pelos-efluentes-nao-tratados>. Acessado em: 13 set. 2023.
- VENKATESCH, G.; ELMI, R.A. Economic–environmental analysis of handling biogás from sewage sludge digesters in WWTPs (wastewater treatment plants) for energy recovery: case study of Bekkelaget WWTP in Oslo (Norway). Energy, v.58, p.220-235, 2013.