

O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável

The energy use of biogas as a tool for the goals of sustainable development

El uso energético del biogás como herramienta para los objetivos de desarrollo sostenible

Leonardo Pereira Lins¹
Andréia Cristina Furtado¹
Jessica Yuki de Lima Mito¹
Janine Carvalho Padilha¹

Recebido em: 21/04/2022; revisado e aprovado em: 19/09/2022; aceito em: 04/10/2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i4.3704>

Resumo: A demanda mundial por energia e alimentos gera, tanto no campo como na cidade, impactos ambientais, e muitos desses pela má disposição de resíduos orgânicos. Uma forma de minimizar esses impactos no meio ambiente é realizar o tratamento dos resíduos gerados nos diversos setores. Dentro das possibilidades de tratamento dos resíduos orgânicos, está a digestão anaeróbica. Como resultado deste processo, tem-se a produção do biogás, que é composto por diversos gases, entre eles, o metano e o dióxido de carbono, como principais. O biogás tem potencial energético, podendo gerar energia elétrica e térmica, além de ser utilizado na forma de biometano. Com a diversidade de aplicações energéticas e possibilidade de redução de resíduos, tanto a digestão anaeróbica quanto o biogás contribuem para a implantação e aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes objetivos têm ampla abrangência, que vão desde a necessidade de saneamento básico, energia limpa e acessível para todos, cidades e comunidades sustentáveis, consumo responsável, até ações contra a mudança climática global, por meio da redução de gases causadores do efeito estufa. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é relacionar os ODS e os projetos de digestão anaeróbica de resíduos orgânicos, que contribuem tanto para a melhora significativa de uma comunidade ou região quanto nas questões ambientais, sociais e econômicas. A metodologia utilizada foi a análise dos conceitos atendidos pelo uso do sistema de digestão anaeróbica em concordância com os objetivos, as metas e as submetas dos ODS. Com isso, observou-se a inter-relação de ao menos cinco ODS: 6, 7, 11, 12 e 13. Em síntese, o uso de sistemas anaeróbios com o aproveitamento do biogás auxilia na substituição e/ou redução de fontes de energia não renováveis, podendo ser aplicada tanto na cidade como no campo, promovendo melhor qualidade de vida para todos.

Palavras-chave: energia; impactos ambientais; gases de efeito estufa; mudanças climáticas; metano.

Abstract: The global demand for energy and food generates, both in the countryside and in the city, environmental impacts, and many of these are due to the poor disposal of organic waste. One way to minimize these impacts on the environment is to carry out the treatment of waste generated in the various sectors. Among the possibilities for treating organic waste is anaerobic digestion. As a result of this process, there is the production of biogas, which is composed of several gases, including methane and carbon dioxide as the main ones. Biogas has energy potential, being able to generate electrical and thermal energy, in addition to being used in the form of biomethane. With the diversity of energy applications and the possibility of reducing waste, both anaerobic digestion and biogas contribute to the implementation and application of the Sustainable Development Goals (SDGs). These goals have a wide scope, ranging from the need for basic sanitation, clean and accessible energy for all, sustainable cities and communities, responsible consumption, to actions against global climate change, through the reduction of greenhouse gases. In this context, the objective of this work is to relate the SDGs and the anaerobic digestion of organic waste projects, which contribute both to the significant improvement of a community or region, as well as to environmental, social, and economic issues. The methodology used was the analysis of the concepts served by the use of the anaerobic digestion system in accordance with the objectives, goals, and sub-targets of the SDGs. Thus, the interrelation of at least five SDGs was observed: 6, 7, 11, 12, and 13. In summary, the use of anaerobic systems with the use of biogas helps in the substitution and/or reduction of energy sources not renewable resources, which can be applied both in the city and in the countryside, promoting a better quality of life for all.

¹ Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA); Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil.



Keywords: energy; environmental impacts; greenhouse gases; climate change; methane.

Resumen: La demanda mundial de energía y alimentos genera, tanto en el campo como en la ciudad, impactos ambientales, y muchos de estos se deben a la mala disposición de los residuos orgánicos. Una forma de minimizar estos impactos en el medio ambiente es llevar a cabo el tratamiento de los residuos generados en los distintos sectores. Entre las posibilidades de tratamiento de los residuos orgánicos se encuentra la digestión anaerobia. Como resultado de este proceso, hay la producción de biogás, el cual está compuesto por varios gases, entre ellos el metano y el dióxido de carbono, como los principales. El biogás tiene potencial energético, pudiendo generar energía eléctrica y térmica, además de ser utilizado en forma de biometano. Con la diversidad de aplicaciones energéticas y la posibilidad de reducir los residuos, tanto la digestión anaeróbica como el biogás contribuyen a la implementación y aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos objetivos tienen un amplio alcance, que va desde la necesidad de saneamiento básico, energía limpia y accesible para todos, ciudades y comunidades sostenibles, consumo responsable, hasta acciones contra el cambio climático global, pasando por la reducción de gases de efecto invernadero. En este contexto, el objetivo de este trabajo es relacionar los ODS y los proyectos de digestión anaerobia de residuos orgánicos, que contribuyen tanto a la mejora significativa de una comunidad o región como a cuestiones ambientales, sociales y económicas. La metodología utilizada fue el análisis de los conceptos atendidos por el uso del sistema de digestión anaeróbica de acuerdo con los objetivos, metas y submetas de los ODS. Así, se observó la interrelación de al menos cinco ODS: 6, 7, 11, 12 y 13. En resumen, el uso de sistemas anaeróbicos con el uso de biogás ayuda en la sustitución y/o reducción de fuentes de energía no renovables, que se puede aplicar tanto en la ciudad como en el campo, promoviendo una mejor calidad de vida para todos.

Palabras clave: energía; impactos ambientales; gases de efecto invernadero; cambio climático; metano.

1 INTRODUÇÃO

As diversas ações antropogênicas, urbanas e rurais, ocasionam impactos nos mais diversos setores da sociedade, os quais podem ser observados de forma pontual e difusa. As consequências podem ser instantâneas ou em longo prazo, inclusive afetando as futuras gerações. Essas implicações, positivas ou negativas, que acompanham o aumento e desenvolvimento da sociedade, demandam energia. Contudo, há diversas ações que são realizadas por setores da sociedade que auxiliam e/ou apoiam na avaliação, no atendimento, na mitigação, redução e tratamento desses problemas junto à sociedade.

Esses problemas podem ser relacionados com a disposição de resíduos sem tratamento, ocasionando contaminação do solo, da água, proliferação de vetores transmissores de doenças e a exploração desenfreada de recursos naturais para obtenção de energia. Tais ações podem ocasionar crise hídrica e energética, substituição de áreas florestais para implantação de reservatórios hídricos para hidroelétricas, e até mesmo queima de combustíveis fósseis para fornecimento de energia.

Para apoiar a redução dos impactos negativos desses problemas junto à sociedade, há os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)². Os ODS, iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU), são um apelo global à ação para erradicar a pobreza, proteção do meio ambiente e o clima, além de garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade, a fim de atingir a Agenda 2030 no Brasil (ONU, 2021).

Esses objetivos, por meio de suas metas, conseguem direcionar o uso e desenvolvimento de soluções a fim de atender às necessidades e reduzir impactos atrelados à geração de resíduos orgânicos. Como é o caso da produção e aplicação do biogás, combustível renovável, provindo da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos e que pode ser associado no atendimento das metas dos ODS: 6, 7, 11, 12 e 13.

² Para mais informações, visite <https://www.un.org/sustainabledevelopment>.

O objetivo deste trabalho é associar a aplicação da digestão anaeróbia e o uso do biogás com as metas e o objetivo de cada ODS. Para isso, o trabalho será dividido em itens para melhor entendimento e contextualização. No item 2, serão apresentadas informações sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. No item 3, será trazida uma inferência do aumento populacional com a geração de resíduos e seus principais impactos no meio ambiente, como o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Já no item 4, serão apresentadas as expectativas de melhorias, o que devemos fazer para evitar ou reduzir os impactos negativos gerados no meio ambiente, e como o biogás pode auxiliar neste contexto. E, por fim, ainda no quarto item, far-se-ão as relações de uso da digestão anaeróbia e do biogás com os ODS.

2 OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os ODS, criados em prol da sociedade, são categorizados e distribuídos em 17 objetivos, conforme observado na Figura 1. Esses objetivos foram criados em prol da sociedade, visando a um desenvolvimento pautado em metas que garantam a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. Em cada objetivo, há um detalhamento com metas que englobam o atendimento e a interação com outras metas de outros objetivos.

Figura 1 – Objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas



Fonte: <https://www.un.org/sustainabledevelopment>

Os ODS estão alocados em diferentes setores da sociedade para que a população seja atendida de forma geral e completa. Todos os objetivos são importantes, podendo-se destacar, dentre eles: erradicação da pobreza e da fome; saúde e bem-estar; água potável e saneamento básico; energia limpa; sustentabilidade; consumo responsável; mudanças climáticas; e a paz social.

Os ODS são indicadores norteadores para todos os países, no entanto, os que assinaram a Agenda 2030 se comprometeram em cumpri-los até a data acordada. Com isso, é possível estabelecer padrões de vida e acessibilidade para toda a população.

3 AUMENTO DA POPULAÇÃO E A RELAÇÃO COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Entre os anos de 2011 e 2020, a população brasileira aumentou cerca de 10% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE], 2020). Neste mesmo período, o consumo total de energia elétrica, que engloba o residencial, industrial, comercial e de outros consumidores, acompanhou o crescimento populacional.

Em tese, isso significa que, com aumento da população, existe uma demanda proporcional por energia, seja ela residencial, seja ela industrial. Se a indústria exige mais energia, quer dizer que sua produção está em alta, e, como consequência, a geração de resíduos ocorre em maior quantidade. Outros aspectos relevantes são apresentados por Balbuena *et al.*, (2021), que, além de mencionar as taxas de natalidade (aumento da população) e a relação com o aumento na produção de resíduos, descreve a longevidade, os índices populacionais e de industrialização, a cultura do consumo e acumulação e a falta de consciência de que os recursos ambientais são finitos.

As ações do homem podem auxiliar no desenvolvimento de processos, resultando em alterações nas características biológicas, físicas e químicas (SILVA *et al.*, 2021) do solo, água e atmosfera. Usa-se como exemplo a produção de alimentos, que é mais intensificada na área rural. A cadeia de produção de alimentos é extensa, e, conseqüentemente, os resíduos sólidos e efluentes são abundantemente gerados. Com o cultivo em grande escala, uma ampla área é explorada, insumos agrícolas são utilizados, e os resíduos orgânicos são gerados. Apesar de se pensar que os resíduos agrícolas possam ser dispostos no meio ambiente, por serem orgânicos, isto não é o que deve ocorrer, como demonstrado no exemplo a seguir.

No setor de produção de alimentos, pode ser enquadrada a criação de animais como suínos, bovinos (produção de leite e corte) e aves (poedeiras e de corte). Normalmente, esses animais são criados em propriedades rurais e um grande quantitativo de dejetos é gerado. Contudo, se não tratado adequadamente, pode contaminar o solo, em função de sua carga orgânica, e chegar aos lençóis freáticos ou rios, lagoas e mananciais de abastecimento público. Posteriormente, seguindo a cadeia produtiva, esses animais são transportados para unidades de abates, onde são gerados mais resíduos orgânicos, tanto sólidos quanto líquidos. Além das unidades de abates de animais, outros setores de produção e processamento de alimentos geram resíduos sólidos e efluentes industriais que são disponibilizados inadequadamente ou fora dos padrões de lançamento no meio ambiente.

Entretanto, com um olhar para as zonas urbanas, a problemática ambiental é agravada, pois há resíduos e efluentes domésticos sem tratamento e dispostos ao ar livre e em locais com fluxo de pessoas. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), no Brasil, apenas 50,8% do esgoto sanitário gerado é tratado, atendendo cerca de 55% da população, e 73,8% dos 65 milhões de toneladas de resíduos coletados vão para o aterro sanitário, sendo que em apenas 36,3% dos municípios brasileiros tem-se implantada a coleta seletiva (SNIS, 2020).

Neste caso, há o agravamento, pois, além da poluição ambiental provocada, isso passa a ser uma questão de saúde pública. A ingestão de água não potável e a falta de coleta e tratamento

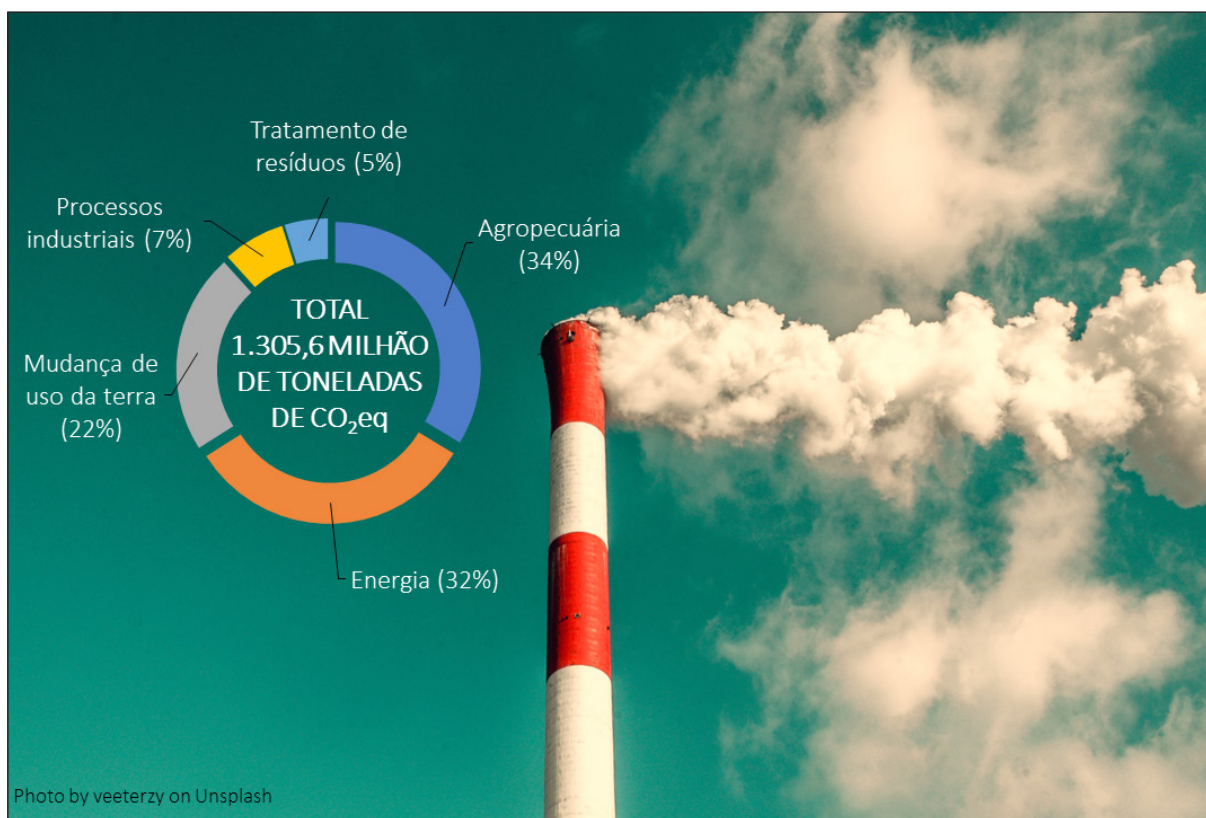
de esgoto são as causas de infecções gastrointestinais e doenças transmitidas por mosquitos e animais. De acordo com dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (AtlasBR), a taxa média de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil é de 2,28%, valor superior às médias das regiões Sul (1,37%) e Sudeste (1,18%) e abaixo da região Centro-Oeste, que é de 2,33% por exemplo (ATLASBRASIL, 2017).

Ainda assim, a recorrência dos problemas causados pela falta de saneamento traz prejuízos à sociedade em função dos custos irrecuperáveis, conforme destaca o Instituto Trata Brasil (ITB). São indicados dois problemas imediatos: (i) com o aumento de problemas de saúde, há o afastamento das pessoas de suas funções laborais, gerando custos à sociedade com horas não trabalhadas; e (ii) ocasionam-se à sociedade despesas públicas e privadas com tratamento das pessoas infectadas (ITB, 2018).

Contudo, a única forma de eliminar os problemas relacionados à falta de saneamento são os investimentos nesta área, como ações no próprio saneamento ambiental, implantação de habitações planejadas, uso sustentável de recursos naturais e disposição adequada de resíduos. Segundo dados do ITB (2018), entre os anos de 2004 e 2016, o investimento em saneamento no Brasil foi de R\$ 3,103 bilhões para R\$ 11,488 bilhões. O custo da sociedade com horas pagas e não trabalhadas, em função de afastamento de trabalhadores por causa de doenças como diarreia ou vômito, caiu em aproximadamente R\$ 75 milhões. Com relação às despesas com internações por infecções gastrointestinais no Sistema Único de Saúde (SUS), houve uma economia de R\$ 100 milhões. Há ainda outros avanços que são oriundos quando há investimentos em saneamento, como: produtividade do trabalho, valorização imobiliária, turismo e impostos das empresas que investem no saneamento.

Além da poluição do solo e da água nas áreas urbana e rural, a da atmosfera provoca grande preocupação, pois tem aumentado significativamente, ao longo dos anos, pela utilização de fontes de energia não renováveis. A queima de combustíveis fósseis, como o carvão, petróleo e gás natural, emite volumes significativos de gases causadores do efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Esses, em contato com a atmosfera, podem provocar o aquecimento global, gerando instabilidade climática, provocando impactos na produção alimentar, na saúde da população e, inclusive, alterando a fauna e a flora de algumas regiões.

A emissão de GEE está ligada ao uso de combustíveis fósseis e outras atividades, como aterros sanitários, tratamento de efluentes, sistemas de produção, atividades agrícolas, queima de biomassa e manejo de dejetos animais. A quantidade de metano liberada ao meio ambiente sem controle e tratamento é considerada perigosa. De acordo com os dados apresentados no documento Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC), em 2016, o total de emissões atmosféricas foi de 1.305,6 milhão de toneladas de CO_2eq , conforme visto na Figura 2 (BRASIL, 2020).

Figura 2 – Total de emissões líquidas em 2016, no Brasil

Fonte: Adaptado de Brasil (2020).

Observa-se que os setores que mais emitiram gases foram o da agropecuária, energia e mudanças de uso da terra, que, somados, contemplam mais de 50% das emissões brasileiras. Portanto, uma forma de diminuir a emissão de gases poluentes é diversificar a utilização das fontes de energia e o aproveitamento de biomassas que são disponibilizadas no meio ambiente sem tratamento.

As fontes renováveis são consideradas inesgotáveis, sendo renovadas constantemente. Porém, embora consideradas limpas, ainda emitem GEE, mas em menor quantidade se comparadas às fontes fósseis.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), em 2020, cerca de 51,6% da energia interna foi oriunda de fontes não renováveis. Somente 48,4% resultaram das fontes renováveis, como biomassa de cana, hidráulica, lenha e carvão vegetal, e outras renováveis. Neste último item (outras renováveis), houve um crescimento de 7,4%, de 2019 a 2020, com destaque para o biogás, que teve um crescimento no mesmo período, de 15,7%, ficando atrás somente da energia solar, que cresceu 61,5% (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE], 2021).

4 BIOGÁS COMO FERRAMENTA DE IMPLANTAÇÃO DOS ODS

Diversas são as possibilidades para a mitigação dos problemas ambientais, tanto na área urbana como rural. O investimento em saneamento básico ou a substituição de matérias-primas por outras que causam menos poluição já são consideradas medidas eficazes contra os problemas ambientais.

No caso do saneamento, por exemplo, sua implantação traz melhoria para o bem-estar da população. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o retorno econômico associado aos investimentos em saneamento continua alto, com benefícios de quase U\$ 5,00 a cada U\$ 1,00 investido (WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO], 2018). Os investimentos em saneamento podem ser relacionados à coleta e separação de resíduos sólidos, tratamento dos esgotamentos sanitários, disponibilização de água potável à população e destinação adequada das águas pluviais.

A implementação de políticas públicas também auxilia em uma melhoria na qualidade de vida da população. Leis e normas que incentivam a destinação correta de resíduos ou até a obrigatoriedade de destinação final de resíduos sólidos e líquidos são ferramentas importantes neste contexto.

A digestão anaeróbia (DA) é uma opção que pode facilmente ser aplicada no tratamento de resíduos orgânicos. Nesta, além do tratamento dos resíduos, também é produzido o biogás, que pode ser empregado como biocombustível e na geração de energia.

O biogás é produzido durante a digestão de matéria orgânica, como dejetos de animais, restos de alimentos, águas residuárias de indústrias (por exemplo, laticínios, fecularias, cervejarias e abatedouros), esgoto doméstico e a degradação de resíduos sólidos em aterros sanitários. De acordo com Chernicharo (2019), a DA representa um sistema balanceado, envolvendo processos metabólicos complexos e, pela ação de diversos microrganismos, há a conversão da matéria orgânica em CH_4 e CO_2 , além de outros gases. Destaca-se ainda alguns aspectos desse sistema, que é a baixa produção de sólidos, o baixo consumo de energia, a tolerância a elevadas cargas orgânicas e a operação com elevados tempos de retenção de sólidos e baixos tempos de detenção hidráulica. Desta forma, a DA é um processo adequado para o tratamento de águas residuárias concentradas e diluídas.

A produção de biogás e sua utilização para fins energéticos pode ser acessível a toda a população, pois existem desde biodigestores de grande porte, com um custo mais elevado, até os mais simples, que podem ser construídos com materiais recicláveis. Isto demonstra que todos os cidadãos podem ter acesso a essa fonte de energia e contribuir para o desenvolvimento sustentável local.

Apesar de CO_2 e CH_4 serem gases de efeito estufa, quando produzidos pela DA, sua geração e emissão pode ser controlada. O biogás resultante é passível de ser utilizado diretamente ou armazenado para posterior purificação e aplicação. Assim, pode-se dizer que o processo de biodigestão para produção e uso energético do biogás auxilia na minimização do efeito estufa, e o Brasil tem buscado esta solução.

O uso energético do biogás é realizado há pelo menos 40 anos no Brasil. Seu destino tem sido a produção de energia elétrica, térmica, mecânica, além da produção de biometano, resultando em benefícios aos setores ambiental e econômico. A produção de biogás no Brasil, com aplicação energética (geração de energias elétrica e térmica, gás natural renovável/biometano e energia mecânica), no ano de 2020, foi de 1,83 bilhão de Nm^3 , valor correspondente a cerca de 2% do potencial do país, que foi de 82,58 bi Nm^3 , ou seja, existe a possibilidade de crescimento do uso do biogás nesta área (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – BIOGÁS [CIBIOGÁS], 2021).

Diante disso, o aproveitamento energético de resíduos traz diversos benefícios, e o principal deles é tornar a energia mais acessível, confiável e sustentável, contemplando as metas dos ODS. Além disso, a substituição de fontes de energia fósseis pelas renováveis auxilia na redução

da emissão de poluentes no meio ambiente. Neste contexto, a produção e aplicação do biogás como fonte energética renovável torna-se uma alternativa cada vez mais desenvolvida e viável.

Quando o assunto é desenvolvimento sustentável, procura-se uma forma de atender às necessidades humanas, sem agredir o meio ambiente. Com o crescimento populacional e o desenvolvimento de novas tecnologias, a demanda energética tem aumentado nos últimos anos. Assim, a importância das energias renováveis é elevada dentro deste “novo mundo”, pois são questões significativas para qualquer país, independentemente de seu estágio de desenvolvimento.

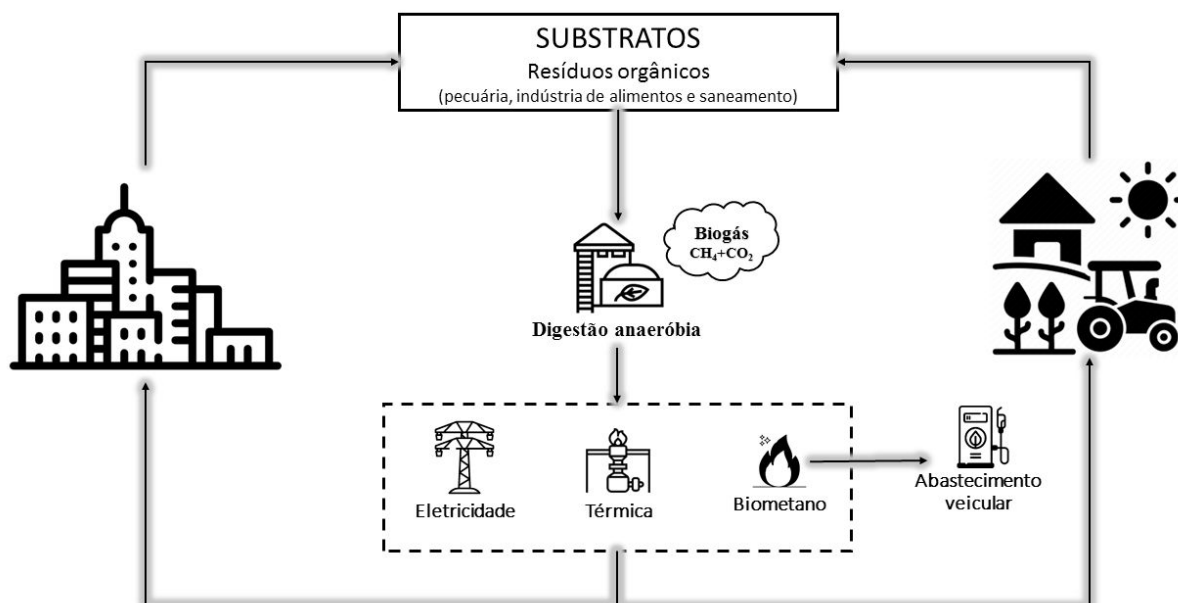
Desta forma, após a análise entre o aproveitamento dos resíduos, a produção e o uso do biogás e os ODS, é possível identificar ao menos cinco objetivos que podem ser atribuídos e relacionados para atendimento, conforme a ONU (2021):

- **ODS 6 - Água potável e saneamento:** Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos. Em seus seis itens, são descritos, além da necessidade de acesso universal e equitativo de água potável a todos, o alcance do saneamento e da higiene adequados. Portanto, a digestão anaeróbia é uma opção viável para o tratamento adequado às águas residuárias, redução de carga orgânica, lançamento dentro dos padrões estabelecidos por lei, garantindo às comunidades do campo e aos centros urbanos uma forma de saneamento adequada;
- **ODS 7 – Energia limpa e acessível:** Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. Em seus três itens, são descritos o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis, além de aumentar a participação do uso de energias renováveis na matriz energética e melhorar a eficiência energética. Ou seja, durante a digestão anaeróbia, é produzido o biogás, que, relacionado a sua qualidade e quantidade, gera energia estável, limpa e sustentável. Pode-se salientar que o biogás já está introduzido na matriz energética brasileira;
- **ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis:** Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Ao todo, são sete itens, em que se destacam a urbanização inclusiva e sustentável, a redução do impacto ambiental negativo, com atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros. Juntamente está o apoio às relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional. Neste tópico, a digestão anaeróbia é introduzida como forma de tratar os resíduos que são gerados em uma determinada comunidade ou região. O tratamento pode ocorrer em um único lugar, de forma descentralizada, e a produção de biogás e biofertilizante pode gerar uma fonte de renda a esta comunidade. Esta pode ser oriunda do uso do biogás, para gerar energia elétrica e térmica, e do aproveitamento do biofertilizante, para adubação do solo;
- **ODS 12 – Consumo e produção responsáveis:** Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Neste tópico, são oito itens, em que se destacam o alcance do manejo ambientalmente saudável dos resíduos, reduzindo significativamente a liberação para o ar, a água e o solo, além da redução da geração de resíduos, por meio da prevenção, redução, reciclagem e reúso. Aqui, é evidenciada tanto a digestão anaeróbia, que promove a redução dos resíduos que são descartados na atmosfera, quanto o biogás como fonte energética e passível de substituir fontes não renováveis. Seu aproveitamento na geração de energia elétrica e térmica, além da sua conversão em biometano, para abastecimento veicular, garante o atendimento aos itens desse objetivo de desenvolvimento sustentável;

- **ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima:** Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. Um tópico de extrema importância para todo o planeta, que é a adoção de medidas para combater a mudança climática e seus impactos. A aplicação da digestão anaeróbia e a queima do biogás bruto ou seu uso para geração de energia elétrica, térmica, mecânica ou biometano são uma importante ferramenta para a redução de emissões de CO₂eq (CO₂ equivalente).

De forma geral, a produção de biogás, aliada ao aproveitamento de resíduos orgânicos, a sua não disposição no meio ambiente e a possibilidade de produzir e alcançar energia e renda para a população fazem parte dos objetivos a serem alcançados, conforme Figura 3.

Figura 3 – Produção de biogás e geração de energias, retornando para o campo e a cidade



Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste contexto, pode-se dizer que a produção de biogás, em conjunto com os ODS:

- auxiliará na erradicação da pobreza (ODS 1);
- aumentará a sustentabilidade e produtividade agrícola, diminuindo custos ao agricultor (ODS 2);
- permitirá melhora na saúde pública ao diminuir casos de doenças resultantes de resíduos mal dispostos e não tratados (ODS 3);
- auxiliará na educação igualitária, pois o acesso à energia promove melhora na qualidade de vida e, conseqüentemente, melhores condições de educação (ODS 4);
- possibilitará o trabalho decente e crescimento econômico ao tornar locais mais sustentáveis, valorizando comunidades e aumentando a rentabilidade de algumas atividades (ODS 8);
- fomentará a indústria valorizando sua produção ao demonstrar sua sustentabilidade energética junto à minimização da agressão ao meio ambiente (ODS 9);
- reduzirá as desigualdades, pois a produção de biogás é passível em diferentes locais e escalas (ODS 10);
- o tratamento adequado de resíduos permitirá a conservação da vida na água (ODS 14) e a vida terrestre (ODS 15), conservando a fauna e a flora; e

ix) a parceria entre instituições públicas, privadas das diversas áreas, tanto econômicas como governamentais, sociais, educacionais e tecnológicas, possibilitará a produção de biogás em diferentes escalas e locais, facilitando a geração de energia e minimizando os impactos ao meio ambiente (ODS 17).

Assim, a produção e o uso do biogás aliado com os ODS pode ser uma forma de sanar ou mitigar problemas tanto locais como regionais, contribuindo para o desenvolvimento de uma região. É importante salientar que problemas de volume e disposição de resíduos orgânicos existem em todo o mundo, além da produção de biogás poder ocorrer em qualquer local. Portanto, quando é colocada a DA como uma solução, esta pode ser adotada por qualquer país.

Como um modelo de interação entre o biogás e os ODS, temos a implantação de projetos de saneamento em área rural que contribui para o melhoramento de uma comunidade. No município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, está em andamento um projeto que prevê a implantação de um sistema de digestão anaeróbia que visa tratar os dejetos provindos da atividade de suinocultura de diversos produtores suínos. O biogás gerado será direcionado para a produção de energia elétrica; além disso, o projeto é integrado ao atendimento de ODS. Este projeto é uma iniciativa das empresas Itaipu Binacional, Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás e Prefeitura Municipal de Toledo, PR.

5 CONCLUSÕES

Percebe-se que o aumento populacional acarreta o acréscimo das demandas de energia e, conseqüentemente, a geração de resíduos, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Desse modo, a destinação inadequada e o não tratamento desses resíduos podem acarretar problemas de saúde.

Uma possibilidade de tratamento é a utilização da digestão anaeróbia como processo para a gestão adequada dos resíduos orgânicos. A partir de sistemas anaeróbios, é produzido o biogás, que pode ser utilizado na geração de energia elétrica, térmica, mecânica e como combustível, na forma de biometano. Nesse sentido, tal tecnologia pode ser empregada tanto no campo quanto na cidade ou indústrias e contribui na mitigação de impactos ambientais, valoração dos resíduos e aproveitamento energético.

Enfim, a produção e o uso do biogás contribuem para a aplicação e o atendimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas, principalmente os ODS 6, 7, 11, 12 e 13, os quais são objetivos ambiciosos e interconectados, que auxiliam no atendimento dos desafios do nosso planeta.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à ONU pela autorização do uso da figura referente aos ODS e informamos que o conteúdo desta publicação não foi aprovado por parte das Nações Unidas e não reflete os pontos de vista das Nações Unidas ou de seus funcionários ou Estados-Membros. Agradecemos ao auxílio financeiro do Programa de Apoio à Pós-Graduação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PROAP-CAPES).

REFERÊNCIAS

- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL [ATLASBR]. *% de interações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado DATASUS*. [s.l.], 2017. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- BALBUENO, L. R.; TIBURTINO-SILVA, L. A.; NOGUEIRA, M. L.; MACIEL, J. DE C.; DA COSTA, R. B. Tratamento de resíduos sólidos no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil, correlacionado com dados externos. *Interações*, Campo Grande, v. 22, n. 3, p. 883–905, 3 nov. 2021.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Brasília, DF: MCTI, 2020. 108 p. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/clima/arquivos/estimativas-aneais-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa/livro_digital_5ed_estimativas_aneais.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.
- CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS [CIBIOGÁS]. *Panorama do Biogás no Brasil 2020*. Foz do Iguaçu, 2021. Disponível em: <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2021/04/PANORAMA-DO-BIOGÁS-NO-BRASIL-2020-v.8.0-1.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbios*. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2019.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE]. *BEN 2021: relatório síntese 2021 – ano base 2020*. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf. Acesso em: 23 dez. 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. *População residente enviada ao Tribunal de Contas da União: Brasil, grandes regiões e unidades da federação – 2001-2020*. Rio de Janeiro, 2020. disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/serie_2001_2020_TCU.pdf. Acesso em: 23 dez. 2021.
- INSTITUTO TRATABRASIL (ITB). *Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento brasileiro*. Brasil, 2018. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/beneficios/sumario_executivo.pdf. Acesso em 23 dez. 2021.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS [ONU]. *The 17 goals*. [s.l.], 2021. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- SILVA, R. F.; MOURA, L. L.; GAVIÃO, L. O.; PONTES, A. T.; LIMA, G. A. B.; BIDONE, E. D. Interdependências e trade-offs entre os objetivos do desenvolvimento sustentável: avaliação de municípios brasileiros pelas três dimensões da sustentabilidade. *Interações*, Campo Grande, v. 22, n. 2, p. 637–52, abr./jun. 2021.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. *Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos – 2020*. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/rs>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO]. *Who water, sanitation and hygiene: strategy 2018-2025*. Geneva: WHO, 2018. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274273/WHO-CED-PHE-WSH-18.03-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 dez. 2021.

Sobre os autores:

Leonardo Pereira Lins: Doutorando em Energia e Sustentabilidade pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Mestre em Tecnologias Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Especialista em Gestão Ambiental em Municípios, e em Engenharia de Segurança do Trabalho, pela UTFPR; e em Energias Renováveis com Ênfase em Biogás, pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Engenheiro ambiental pela Faculdade União das Américas (UNIAMÉRICA). Analista ambiental no Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIBiogás-ER) **E-mail:** linsleo@gmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5816-1411>

Janine Carvalho Padilha: Pós-doutora na área de Planejamento Energético pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Doutora em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e em Química pela Universidade de Rennes 1, França. Licenciada em Química e Química Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Professora de Química na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) e atua no Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade. **E-mail:** janine.padilha@unila.edu.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-7404-6568>

Andréia Cristina Furtado: Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Engenheira química pela UFU. Professora (classe D – associada, nível 1) da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, PR. Professora e orientadora no Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade de mestrado e doutorado na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). **E-mail:** andreia.furtado@unila.edu.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-1407-5989>

Jessica Yuki de Lima Mito: Especialista em Gestão Ambiental de Municípios e especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheira ambiental pelo Centro Universitário União Dinâmica das Cataratas (UDC). Consultora técnica em *Waste to Energy* pelo Instituto 17, no Programa de Energia para o Brasil (BEP). **E-mail:** jessicayukimito@gmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-3037-5116>