

Revisão de literatura sobre biogás e os interferentes no processo de digestão anaeróbia

Literature review on biogas and interferences in the anaerobic digestion process

RESUMO

Roberta Pinheiro Santos
robertas@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

Marcelo Bortoli
marcelobortoli@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

Fernanda Barizon
barizon@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

A produção de biogás é importante tanto no contexto microrregional como globalmente. Regionalmente, por auxiliar na destinação de resíduos agroindustriais e pela geração de energia. Globalmente, percebe-se a aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente, por potencializar o fornecimento de energia limpa e de qualidade. Além disso, influencia no balanço energético regional, podendo ser fator preponderante na obtenção da segurança energética de uma região. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o processo de geração do biogás e fatores que causam interferências no processo. Observou-se que cada etapa até a geração do biogás possui características diferentes. Ainda, constatou-se que é de suma importância acompanhar e intervir nesses fatores, quando necessário, para se obter sucesso na produção de biogás.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos. Energia. Biocombustível. Condições anaeróbicas.

ABSTRACT

Biogas production is important both in the micro-regional context and globally. Regionally, for helping to agro-industrial waste disposal and for generating energy. Globally, it perceived the adherence to the Sustainable Development Goals (SDG), mainly, by ensuring access to affordable, reliable, sustainable, and modern energy. In addition, it influences the regional energy balance and can be a major factor in achieving energy security in a region. The present work aimed to carry out a literature review on the biogas generation process and factors that cause interference in the process. It was observed that each stage up to the generation of biogas has different characteristics. In addition, it was found that it is very important to monitor and intervene in these factors, when necessary, to be successful in the biogas production.

KEYWORDS: Waste. Energy. Biofuel. Anaerobic conditions.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A ramo agropecuário está em evolução constante, tornando o Brasil um dos maiores produtores mundiais de gado bovino, de frangos e suíno, ocupando uma área total de 230 milhões de hectares de pastagens no país, em 2016 (MILANEZ et al., 2018). Mas essa atividade produz dejetos animais e os outros resíduos da produção que são poluentes para o solo, os rios e a atmosfera, pela emissão de gás metano não tratado, ou seja, gera graves agressões ambientais (MILANEZ et al., 2018). Por isso, um dos objetivos do ramo foi encontrar um sistema que auxiliasse na continuidade das atividades sem que prejudicasse a qualidade do meio ambiente (RIZZONI et al., 2012).

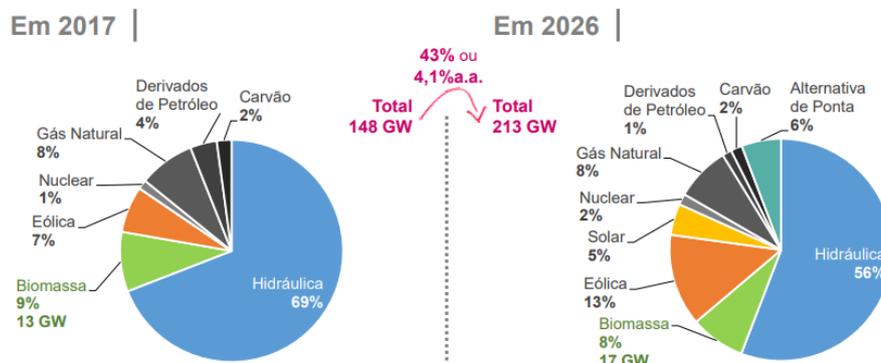
Uma forma de tratamento eficiente para um gerenciamento adequado dos recursos naturais e dos resíduos sólidos gerados, tanto nos abatedouros como nos frigoríficos, é a digestão anaeróbia (CALDEREIRO, 2015). No processo, a maioria do material orgânico biodegradável é convertido em biogás, outra parte torna-se biomassa microbiana, o lodo do sistema, e o restante é retirado do reator como material não degradado, o biofertilizante (CALDEREIRO, 2015; RIZZONI et al., 2012). Não somente na importante alternativa para o tratamento de resíduos e, conseqüentemente, da minimização de impactos ambientais, a digestão anaeróbia também possibilita a geração de energia renovável, pois o biogás possui poder calorífico que possibilita a substituição de uma fonte de energia não renovável, como o gás liquefeito de petróleo (CALDEREIRO, 2015), ou seja, além da baixa emissão de carbono e da mitigação da poluição que seria causada, o metano que iria para a natureza se torna uma fonte de energia (MILANEZ et al., 2018).

Os dejetos tratados em biodigestor, além da produção de biogás, biofertilizante e da redução dos odores desagradáveis, têm reduções de fósforo, cobre e zinco total e, drasticamente, de sua carga orgânica (KONZEN, 2005). Somando isso ao alto custo de produção e os impactos socioambientais da energia convencional, o biogás tornou-se fonte alternativa, e é fator de segurança para distantes áreas do meio rural que possuem dificuldades com o atendimento por energia elétrica (MILANEZ et al., 2018).

Investir na infraestrutura de transformação de resíduos em produtos e na geração de energia renovável pela decomposição de orgânicos (biogás) é necessário, devem ser prioridades por se tratar da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que possui falta de recursos e baixa colaboração dos municípios e de parcerias no desenvolvimento dessa gestão sustentável de resíduos (MACHADO FILHO, 2018).

Outras importantes razões para o investimento na área são os compromissos internacionais do Acordo de Paris e da Agenda 2030 das Nações Unidas (plano para erradicação da pobreza, onde se estabeleceu dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS), onde o Brasil estipulou, para o período de 2019 a 2028, limites anuais de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), tendo como principal política a ampliação do uso de biocombustíveis para substituição de combustíveis fósseis, o que possibilita o acesso da população a modernas fontes de energia com confiança e preços acessíveis (como descrito no ODS 7) (MORAIS, 2019). Então, o biogás seria uma forma de aumento das fontes intermitentes na matriz elétrica brasileira, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1: Matriz Elétrica Brasileira – Capacidade instalada por fonte.



Fonte: EPE, 2017.

Considerando que as regiões agropecuárias produtoras do Sul, Sudeste e Centro-Oeste são responsáveis por aproximadamente 84% do rebanho tecnificado de suínos no país (uma geração de 207 milhões de toneladas de dejetos por ano) (KONZEN, 2005), e que a região sudoeste do Paraná tem nessa atividade importância regional e estadual (devido às restrições naturais, sociais, econômicas e pela presente agricultura familiar) (IPARDES, 2009), a alternativa do biogás auxiliaria para a diminuição do potencial lesivo ao meio ambiente, e contribuiria para o país alcançar as metas estipuladas na Agenda 2030.

Observando sua importância, o objetivo dessa revisão literária é explicar o processo de produção do biogás e demonstrar os fatores que interferem no sucesso da digestão anaeróbia.

O presente trabalho foi realizado como revisão bibliográfica por impossibilidade de execução das atividades previstas em função da pandemia da COVID-19.

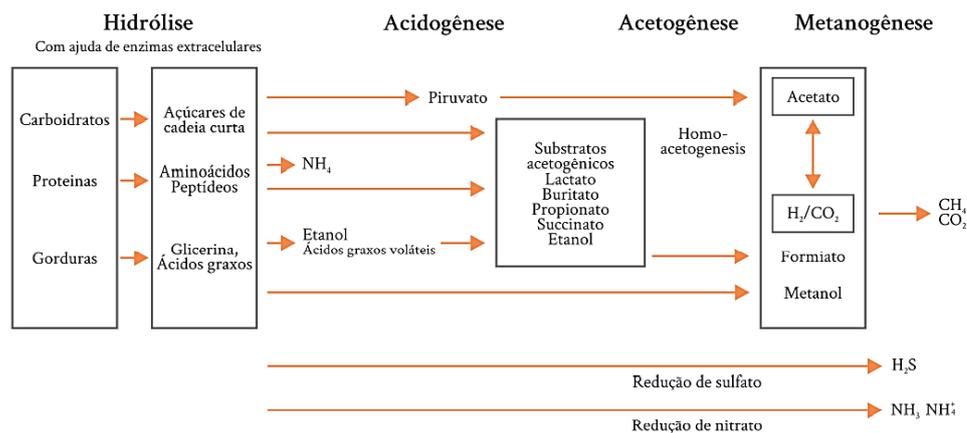
MATERIAL E MÉTODOS

A revisão de literatura foi realizada com base em livros, revistas, artigos e dissertações encontradas na base de dados da UTFPR (BiblioTec), na biblioteca da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e no Google Acadêmico, utilizando palavras chaves como: biogás, digestão anaeróbia e interferentes no processo de digestão anaeróbia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de formação de biogás requer condições anaeróbias e atividades dos microrganismos em coordenação perfeita entre si para que o material orgânico se transforme em dióxido de carbono e metano, por isso ele se divide em diferentes etapas observadas na Figura 1: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (FNR, 2010; KUNZ et al., 2018).

Figura 1: Etapas de formação de biogás.



Fonte: KUNZ et al., 2019.

Na primeira fase, a hidrólise, compostos orgânicos de alta massa molecular (lipídeos, carboidratos, proteínas) são degradados em substâncias menos complexas (aminoácidos, ácidos graxos e açúcares) por meio de reações bioquímicas, onde enzimas são expelidas por bactérias hidrolíticas (FNR, 2010; KUNZ et al., 2018). A velocidade de duração depende das características do substrato envolvido (KUNZ et al., 2018).

A etapa seguinte, acidogênese, os compostos formados são decompostos em ácidos orgânicos voláteis (AOV), álcoois, óxidos de nitrogênio, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e hidrogênio, sendo esse último responsável pelos tipos de compostos formados já que sua pressão parcial atinge o estado de oxidação dos produtos e altera a quantidade de carbono (FNR, 2010; KUNZ et al., 2018).

No estágio denominado acetogênese, reações endotérmicas realizadas por bactérias acetogênicas transformam os ácidos de cadeia longa em ácidos de um ou dois carbonos, precursores do biogás, sendo considerada uma fase crítica e decisiva quanto a concentração de nitrogênio que, se elevada pela etapa anterior, pode inibir a metanogênese (FNR, 2010; KUNZ et al., 2018). A produção do acetato é realizada pelas bactérias homoacetogênicas, que equilibram a reação para o consumo de hidrogênio e gás carbônico, como demonstra a Eq. (1) (KUNZ et al., 2018).



A fase final da formação de biogás, a metanogênese, as arqueas metanogênicas convertem o carbono em dióxido de carbono e metano em condições estritamente anaeróbias, sendo classificadas por suas vias metabólicas em: arqueas metanogênicas acetoclásticas (que reduzem o ácido acético a

metano) e arqueas metanogênicas hidrogenotróficas (convertem o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano) (FNR, 2010; KUNZ et al., 2018). A maior presença das hidrogenotróficas é devido à sensibilidade das acetoclásticas às alterações de pH e às altas concentrações de amônia características dos substratos agropecuários (KUNZ et al., 2018).

Portando, entende-se que a digestão anaeróbia depende do equilíbrio entre os fatores interferentes que podem comprometer o processo: temperatura, relação C/N, pH, alcalinidade intermediária e parcial, e pressão parcial de hidrogênio.

TEMPERATURA

Sabe-se que quanto mais elevada é a temperatura, maior será a velocidade da relação química, porém para processos biológicos cada microrganismo tem sua temperatura ideal de crescimento, variando a dinâmica populacional do biodigestor (FNR, 2010; KUNZ et al., 2018). Há três grandes grupos de classificação quanto à temperatura, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação dos microrganismos quanto a temperatura ótima

Microrganismos	Ótima de crescimento (°C)
Termofílicos	60
Mesofílicos	37
Psicrofílicos	15

Fonte: KUNZ et al. (2019).

Sendo essa a faixa ideal de temperatura, grandes alterações acima ou abaixo podem causar falência do processo, portanto é de suma importância o monitoramento analítico, para que haja regulação do autoaquecimento, que ocorre devido à produção de calor da decomposição do carboidrato e que pode causar aumento da temperatura de 43 a 48°C (para microrganismos mesofílicos) (FNR, 2010).

O aumento da temperatura acelera as reações bioquímicas e elimina patógenos, porém o equilíbrio químico é deslocado de NH_4^+ para NH_3 (aquoso) e, sendo a amônia livre tóxica para alguns microrganismos, causaria danos irreversíveis ao processo (KUNZ et al., 2018). Os microrganismos podem não se adaptar às alterações, então é necessário monitoramento contínuo e intervenções quando necessário, por exemplo no controle de entrada e quando há variações maiores que 2°C, garantindo, assim, a continuidade da produção de biogás (FNR, 2010; KUNZ et al., 2018).

RELAÇÃO C/N

Além da temperatura ótima, os microrganismos necessitam de concentrações de vitaminas, micro e macronutrientes para seu crescimento e instabilidade no processo (FNR, 2010). O nitrogênio (N) é, após o carbono (C), o nutriente mais importante para o metabolismo, analisar a relação C/N é outro requisito para não suspensão da geração do gás, pois se muito alta ocorre a

redução da atividade metabólica, o carbono não degrada completamente e o metano não chega a seu pico máximo, e se muito baixa, há excesso de amônia e isso não contribui para o crescimento dos microrganismos; com isso deve-se mantê-la entre 10 a 30 (FNR, 2010).

A concentração de micronutrientes no reator é de importância decisiva, também, no processo, o enxofre está na composição dos aminoácidos e para formação da ATP (adenosina trifosfato) e da NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), que transportam energia, compostos de fósforo são essenciais, além do ferro e manganês, que são responsáveis pelo transporte de elétrons e pela função de determinadas enzimas (FNR, 2010).

PH

Semelhante à temperatura, os microrganismos também possuem valores ótimos diferentes de pH, como os microrganismos fermentativos que se adaptam a variações de pH entre 4,0 a 8,5 ou as arqueas metanogênicas sensíveis a valores diferentes da faixa de 6,7 a 7,5 (KUNZ et al., 2018); e o valor dele, no processo, é de acordo com os metabólitos ácidos e alcalinos produzidos na digestão anaeróbia, limitado pela concentração de dióxido de carbono (CO_2), continuamente liberado, na fase gasosa e HCO_3^- alcalino na fase líquida (FNR, 2010).

Se o pH estiver baixo, mais CO_2 ficará dissolvido no meio, e se estiver alto, menor será a concentração de CO_2 na fase gasosa; em pH 4 o CO_2 é molécula livre, em pH 13 ele fica dissolvido como carbonato no substrato e o equilíbrio químico ocorre em pH 6,52 (KUNZ et al., 2018). A maioria dos microrganismos tem atividade impactada em pHs abaixo de 7,0. Isso ocorre em função do acúmulo de ácido acético e hidrogênio, causando o aumento da pressão parcial, o que torna difícil a degradação do ácido propiônico e causando o acúmulo de AOV no sistema (CALDEREIRO, 2015). Efeitos do acúmulo de AOV observa-se em microrganismos intermediários, o pH abaixo de 6,6 impossibilita o crescimento das arqueas metanogênicas, porém as acidogênicas seguem até o pH 4,5, ou seja, rápido acúmulo de AOV (KUNZ et al., 2018).

ALCALINIDADE INTERMEDIÁRIA E PARCIAL

Para controlar o tamponamento e monitorar indiretamente os ácidos produzidos durante a digestão anaeróbia, recomenda-se acompanhar a relação AI/AP (alcalinidade intermediária e parcial), que fornece valores da alcalinidade por bicarbonato e a alcalinidade vinda dos ácidos voláteis; as medidas variam conforme reator e substrato, mas sempre deve-se observar grandes variações e agir de forma corretiva havendo necessidade (KUNZ et al., 2018).

PRESSÃO PARCIAL DE HIDROGÊNIO

Por desempenhar papel chave na metanogênese, deve-se manter a pressão parcial de hidrogênio mínima entre 10^{-4} e 10^{-6} bar, para que os microrganismos acetogênicos não sejam inibidos pelo excesso de hidrogênio, o que paralisaria a

produção de ácidos de cadeia curta; a pressão máxima vai variar conforme as espécies e as características do substrato, e a reação deve ser exotérmica (KUNZ et al., 2018).

CONCLUSÃO

A geração de biogás é um processo com diversas vantagens ambientais, tanto para o destino dos resíduos agropecuários de pequenas e grandes regiões, e disponibilização de energia nas mesmas, quanto para a popularização da bioenergia e consequente diminuição da geração de GEE no Brasil, seguindo o acordo mundial da Agenda 2030.

A digestão anaeróbia possui, em suas quatro etapas, diferentes tipos de microrganismos e especificidades, o que exige cuidados específicos durante o processo. Porém, mantendo os fatores interferentes dentro dos padrões recomendados, realizando monitoramentos periódicos e alterações quando necessário, a produção do biogás terá os objetivos esperados.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro ao projeto “Levantamento do potencial de geração de biogás através da co-digestão anaeróbia de resíduos de cama do sistema de confinamento *compost bedded pack bam*”. Ao professor Dr. Marcelo Bortoli e à mestrandia Fernanda Barizon pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CALDEREIRO, G.M.B. **Caracterização da digestão de resíduos agroindustriais em biodigestor de fluxo contínuo operado em escala real**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Medianeira, 2015. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1277/1/MD_PPGTAMB_M_Caldereiro%2C%20Gisele%20Maria%20Brod_2015.pdf. Acesso em: 05 de ago. 2020.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Impactos da participação do biogás e do biometano na matriz brasileira. Fórum do Biogás, 4., São Paulo. 2017. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-244/topico-257/EPE_IV%20FORUM%20BIOGAS_JOSE%20MAURO_2017_1710.pdf. Acesso em: 13 de ago. 2020.

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. **FNR: Guia Prático do Biogás - Geração e Utilização**. 5 ed. Gülzow, Lauenburgo, 2010. 233 p. Disponível em: http://web-resol.org/cartilhas/giz_-_guia_pratico_do_biogas_final.pdf. Acesso em: 28 jul. 2020.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Sudoeste paranaense: especificidades e diversidades.** Os vários Paranás. 2009. Disponível em:

http://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/Sudoeste%20Paranaense_especificidades%20e%20diversidades_2009.pdf.

Acesso em: 26 de jul. 2020.

KONZEN, E.A. Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola. In: Simpósio Goiano de Avicultura, 7., 2005.

Seminários Técnicos de Suinocultura. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77217/1/Dejetos-suinos.pdf>. Acesso em: 07 de ago. 2020.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do (Ed.). **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato.** Concórdia:

Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 209 p. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1108617>. Acesso em: 02 de ago. 2020.

MACHADO FILHO, H. **Documentos temáticos: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 6 – 7 – 11 – 12 – 15.** ONUBR, Brasília. 2018. Disponível em:

<https://oestepr2030.org.br/wp-content/uploads/2018/09/Documents-Tem%C3%A1ticos-ODS-6-ODS-7-ODS-11-ODS-12-e-ODS-15.pdf>. Acesso em: 10 de ago. 2020.

MILANEZ, A.Y.; GUIMARÃES, D.D.; MAIA, G.B.S; SOUZA, J.A.P.de; LEMOS, M.L.F. **Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas.** Rio de Janeiro: BNDES Setorial 47. 2018. p. 221-276. Disponível em:

https://www.saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2020/02/BS47_Biogas_FECHADO.pdf. Acesso em: 28 de jul. 2020.

MORAIS, J.M. **Caderno ODS 7: O que mostra o retrato do Brasil?** Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2019. Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190502_cadernos_ODS_objetivo_7.pdf. Acesso em: 10 de ago. 2020.

RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J.A.D. Biodigestão Anaeróbia no Tratamento de Dejetos de Suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, nº18, ano 9. 2012. Disponível em:

http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/W34ebZOEZuzvE_vG_2013-6-28-18-12-37.pdf. Acesso em: 31 de jul. 2020.