

**Scientific Electronic Archives**

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 15 (6)

June 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/15620221556>Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1556>

ISSN 2316-9281

**Biogás de Vinhaça: uma revisão****Vinasse biogas: a review***Corresponding author***Jéssica Nayara Silva Almeida**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Matão

[almeida.nayara1840@gmail.com](mailto:almeida.nayara1840@gmail.com)**Márcia Luzia Rizzatto**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Matão

**Resumo.** O estudo de revisão teve como objetivo apresentar diversas pesquisas sobre a área de biodigestão anaeróbica da vinhaça, subproduto da produção de cana-de-açúcar, com diferentes tipos de substratos gerados na agroindústria. Utilizou-se diferentes plataformas de pesquisas de revistas científicas da área ambiental, energias renováveis, órgãos públicos, entre outros, para buscas de material e dados relevantes para discussões e apresentação dos experimentos na área de produção de biogás a partir da biodigestão anaeróbica da vinhaça, com diferentes tipos de substratos. Após análise realizada, pode-se observar a possibilidade de produção e otimização do setor para produzir biogás com maior rendimento de metano, como os experimentos: o potencial de produção de biogás, utilizando três tipos de tratamento, com resíduos da vinhaça e bagaço da cana-de-açúcar, a investigação de diferentes tipos de vinhaça, como a do sorgo e cana, sobre a necessidade da suplementação do processo, a utilização de torta de filtro (outro subproduto do setor), além da importância de avaliar os resíduos sucroenergéticos de primeira e segunda geração como o bagaço (pré-tratamento), extrato de levedura e as cinzas (subproduto da queima do bagaço), o consórcio de diferentes tipos de resíduos agroindustriais, como da indústria de café e também a área de biocombustíveis, como o glicerol destilado para favorecer o rendimento da produção de biogás e metano.

**Palavras-chave:** Biodigestão anaeróbica, vinhaça, biogás

**Abstract.** The review study aimed to present several researches on an area of anaerobic biomanagement of vinasse, a by-product of sugarcane production, with different types of resources generated in the agroindustry. Different research platforms from scientific journals in the area of environmental energy, renewable vineyards, public agencies, among others, were used to search for material and presentation of relevant data for the management and presentation of experiments in the area of biogas production from the anaerobic digestion of biondi, with different types of substrates. After the analysis was carried out, it was possible to observe the possibility of production and optimization of the sector to produce biogas with greater methane yield, such as the residue experiments: the potential of biogas production, using three types of treatment, with vinasse and bagasse from sugarcane, an investigation of different types of vinasse, such as sorghum and cane, on the need to supplement the process, the use of filter cake (another by-product of the sector), in addition to the importance of evaluating the sugar-energy elements first and second generation such as bagasse (pre-treatment), yeast extract and ash (by-product of bagasse burning), the consortium of different types of agro-industrial residues, such as the coffee industry and also the area of biofuels, such as distilled glycerol to improve the yield of biogas and methane production.

**Keywords:** Anaerobic digestion, vinasse, biogas

**Contextualização e Análise**

Devido às intempéries climáticas, como seca histórica e geadas, no decorrer dos anos o setor sucroenergético, sofreu uma redução da produção de cana-de-açúcar. A safra 21/22 com 525 milhões de toneladas houve uma redução de 13,3% em comparação com a anterior, e a produção

de etanol hidratado de 16,7 bilhões de litros também uma queda significativa com a safra anterior de 19,3%, porém o setor se mostrou resiliente e atendeu a demanda por biocombustível (ÚNICA, 2022).

A vinhaça é um subproduto da destilação do etanol, sua proporção de produção dependendo da

composição do vinho no processo de fermentação da indústria, é em torno de 10 a 18 litros de vinhaça para cada 1 litro de etanol produzido. O seu excesso na fertirrigação pode afetar a qualidade da cana, salinização do solo e poluição do lençol freático (SILVA et al., 2007).

É um líquido de odor forte, coloração marrom-escuro, baixo pH, alto teor de potássio e nitrogênio e com alta demanda química de oxigênio (DBO), o que torna um efluente com alto potencial poluidor. Seu uso na fertirrigação proporciona melhorar as condições físicas do solo. A incorporação de nutrientes na vinhaça pode causar maior mobilização dos nutrientes e maiores solubilidades dos resíduos líquidos, assim como as suas características, também podem aumentar a disponibilidade dos macronutrientes, e diminuir os micros (SILVA et al., 2014; BARROS et al., 2010).

Apesar dos benefícios da fertirrigação, a vinhaça ainda tem alguns entraves, como o alto custo do seu transporte devido o enorme volume produzido e alto potencial de poluição do solo. Uma opção para reduzir a concentração da vinhaça sem reduzir sua utilidade, é usa-la no processo de biodigestão anaeróbica para produção de biogás. O biogás pode ser utilizado na indústria para geração de energia elétrica e térmica, na caldeira para geração de vapor, ou queima em turbinas a gás conjugada com gerador elétrico, ou seja, diminuir custos em logística (SILVA et al., 2019).

A biodigestão anaeróbica é um processo fermentativo com ausência de oxigênio com várias reações metabólicas, como: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Outras reações também ocorrem como a sulfatogênese, considerada indesejável, pois é a fase negativa para a biodigestão, porque a conversão dos ácidos orgânicos voláteis e aromáticos, hidrogênio, metanol, etanol, açúcares, aminoácidos e vários compostos fenólicos em  $H_2S$  (sulfeto de hidrogênio) é tóxico, corrosivo e possui mau odor. A hidrólise é a quebra dos compostos complexos em compostos simples, como os carboidratos para glicose e sacarose, as proteínas em aminoácidos, e os lipídeos em ácidos graxos, a acidogênese converte-os em ácidos orgânicos, e depois a acetogênese converte-os em acetato, e finalmente a metanogênese converte-os acetatos em metano, fase sensível em alterações do pH e temperatura (TAVARES, 2018).

O biogás é composto por metano ( $CH_4$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), hidrogênio ( $H_2$ ), ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), oxigênio ( $O_2$ ), nitrogênio ( $N_2$ ) e amoníaco ( $NH_3$ ). A descrição da composição e porcentagem de gás produzido é apresentada na Tabela 1 (CETESB, 2022).

O Brasil utiliza 2% de seu potencial de usinas de biogás, com produção de 84,6 bilhões de metros cúbicos/ano, que supriria 40% da demanda energética no País e 70% do consumo de diesel (ABILOGÁS, 2022).

A biodigestão anaeróbica é uma oportunidade de tratamento dos resíduos e

efluentes gerados pelas agroindústrias brasileiras visam à incorporação do mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL, por causa, do ciclo fechado, que é gerado energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar, descarbonização. Além das emissões de  $CO_2$  por substituir o óleo diesel pelo biometano, (FERRAZ et al., 2022), pode ser utilizado como biocombustível, desde que seguidos de tratamento prévio para adequação as normas, e a sua regulamentação, e qualidade que são averiguadas por resoluções da ANP nº 8/2015 e nº 685/2017.

**Tabela 1.** Composição do biogás

Gás	Sigla	Volume de gás (%)
Metano	$CH_4$	50-70
Dióxido de Carbono	$CO_2$	25-50
Hidrogênio	$H_2$	0-1
Nitrogênio	$N_2$	0-7
Sulfídrico	$H_2S$	0-3
Amônia	$NH_3$	0-1
Oxigênio	$O_2$	0-2

Fonte: CETESB, 2022

É importante para a diminuição da carga orgânica dos efluentes e resíduos gerados pelas indústrias e possível redução de gases de efeito estufa - GEE (MORAES et al., 2017).

O trabalho de revisão teve por finalidade abordar a biodigestão anaeróbica da vinhaça de cana-de-açúcar, utilizando consórcios de diferentes tipos de substratos, mostrando a possibilidade de produzir o biogás.

#### *Estudos sobre tratamento da vinhaça por biodigestão anaeróbica*

Gueri et al. (2018), investigaram um experimento sobre o potencial de produção de biogás, utilizando três tipos de tratamentos, sendo o primeiro com a biodigestão somente da vinhaça, o segundo utilizaram uma solução com bagaço triturado e a terceira com uma solução de vinhaça mais solução de bagaço. Observaram que ocorreu produção de biogás nos três experimentos, porém, a maior produção ocorreu no terceiro tratamento. No primeiro tratamento houve a necessidade de adicionar nutrientes e inóculo para otimizar a produção. Já no segundo tratamento o percentual de matéria orgânica foi baixo para a biodigestão, havendo a necessidade de adicionar um inóculo e realizar um pré-tratamento para retirar os reagentes inibidores da fermentação. A quebra da lignina e celulose produz compostos inibidores que atrapalham a fase metanogênese. No terceiro experimento apesar de ter ocorrido a maior produção, esta não foi significativa em comparação com o primeiro tratamento. Diversos fatores, como já mencionados, o inóculo, o pré-tratamento, e a correção do pH com o hidróxido de sódio, podem ter

influenciado, afetando de forma negativa os microrganismos presentes na vinhaça.

Outros autores investigaram a influência da matéria prima na produção de biogás, utilizando diferentes tipos de vinhaça, como a de cana-de-açúcar e sorgo sacarino. Após caracterização das vinhaças, realizaram ensaios de biodigestão anaeróbica usando inóculo de suinocultura. Os resultados encontrados no ensaio da vinhaça de sorgo, variaram entre 140 mL e 290 mL e no de vinhaça de cana-de-açúcar variaram entre 127 mL e 200 mL. O primeiro resultado apresentou um potencial de produção de biogás superior, segundo os autores, o seu favorecimento ocorreu mediante as variáveis que influenciaram positivamente na produção de biogás, ou seja, suas características de nutrientes (STREMEL et al., 2018).

Barros et al. (2017) adicionaram torta de filtro (subproduto da cana-de-açúcar), para suplementar a vinhaça utilizada no processo de biodigestão anaeróbica. Observaram um aumento dos macros e micronutrientes que estimularam o crescimento das bactérias e archaeas, e conseqüentemente, aumento na atividade de cada grupo bacteriano e archaea nos consórcios. Ocorreu um aumento na degradação do propionato que permitiu uma operação estável e uma maior eficiência na digestão anaeróbica termofílica da vinhaça, com aceleração da degradação do acetato e propionato na produção de metano. Ocorreu uma alta produção de metano e notaram que após o processo de biodigestão, o efluente e o lodo residual, apresentaram propriedades fertilizantes com P, K e Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, e Cu, podendo ser utilizados na fertirrigação da cana-de-açúcar.

O estudo sobre a biodigestão anaeróbica dos resíduos gerados na usina integrada de etanol de primeira e segunda geração como a vinhaça, levedura, bagaço (pré-tratamento hidrotérmico de bagaço), cinza volante (queima do bagaço). Os autores analisaram a eficiência dos resíduos para formação de metano, e uma das principais características observadas foi a reação da cinza utilizada na biodigestão. No ensaio utilizando a vinhaça, hidrolisado de hemicelulose – HH, extrato de levedura – YE e cinza volante do bagaço SBFA, tiveram maior produção de metano, com acúmulo de 300% em comparação aos outros experimentos. Pode-se observar que em duas proporções tiveram êxito, por exemplo: de HH-vinhaça 25-75%; 1,0 g/L YE; 15 g/L de SBFA tiveram maior produção de metano em torno de 0,279 Nm<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> por kg de demanda química de oxigênio. O uso da cinza desenvolveu um importante papel de adsorver compostos inibidores, devido suas propriedades hidrofóbicas, poder neutralizante, controle do pH, o que contribuiu para o desempenho das archaea metanogênicas, além de adsorver compostos tóxicos, como o hidroximetil-2-furfuraldeído e 2-furfuraldeído (ADARME et al., 2019).

Pinto et al. (2017) estudaram a produção de biogás utilizando os resíduos da produção de café (pó de café verde, torta desengordurada e

pergaminho) e a vinhaça de cana-de-açúcar como substrato e lodo como inóculo, em condições mesofílicas, tiveram resultados satisfatórios de produção de biohidrogênio no ensaio com torta desengordurada com 32% vol/vol. Na observação do gráfico proposto pelo autor a produção de metano foram maiores para a codigestão do pó de café verde e pergaminho em porcentagem volumétrica, o autor menciona que o pó de café verde teve um rendimento tão alto quanto 0,14 mL CH<sub>4</sub>/gvsadded.

Os experimentos realizados com a codigestão mesofílica da vinhaça de cana-de-açúcar e do glicerol destilado, utilizando o segundo como co-substrato, revelaram resultados satisfatórios quanto ao rendimento de produção de metano em torno de 352 ± 17 NmLCH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> na proporção de 50:50 (%) de vinhaça:glicerol e uma redução de 97% da DQO (demanda química de oxigênio) Alertando que o setor sucroenergético pode produzir biogás na sua entressafra com o consórcio da matéria-prima do glicerol destilado, que está sendo altamente produzido no Brasil na área de biocombustíveis, principalmente na produção de biodiesel, entre outras aplicações (BORGES et al., 2021).

No tratamento por biodigestão anaeróbica em condições termofílicas da vinhaça e soro de queijo nos experimentos de Albuquerque et al. Ratusznei e Rodrigues (2019) em comparação com outras revisões, quanto ao método em condições mesofílicas e outras condições, os resultados encontrados tiveram maior eficiência no rendimento de metano, e em relação a sua composição. Quando utilizou a composição de 25% de soro de queijo e 75% de vinhaça observou-se um rendimento de metano de 15,3 mmolCH<sub>4</sub>.g<sup>-1</sup>. Em relação a sua composição pode-se observar que de acordo com o estudo, a produção mensal dos resíduos foi de 232.400 m<sup>3</sup> de vinhaça e 7.200 m<sup>3</sup> de soro de queijo, evidenciando a vantagem sobre a composição da biodigestão em relação à quantidade de produção de resíduos. O rendimento de metano foi justificado mediante a forma de lote alimentado, a biodegradabilidade do soro, temperatura, estabilidade e a capacidade de remoção de matéria orgânica.

### Considerações finais

Concluiu-se que o setor sucroenergético com os estudos referentes, possui a capacidade de crescer significativamente a produção de biogás com os seus próprios resíduos de produção de etanol/açúcar, como a utilização de vinhaça e bagaço, bem como diferentes tipos de vinhaça como a do sorgo, torta de filtro, bagaço (pré-tratado), cinza volante, que podem trazer benefícios ao processo e potencializar o rendimento de metano.

Outro fator observado foi a utilização dos consórcios de diferentes resíduos agroindustriais como resíduos de café, glicerina destilada, entre outros. Foi possível concluir que o uso do consórcio no processo, foi capaz de aumentar o rendimento da

produção de metano, e o tratamento dos resíduos ocorreram de forma sustentável.

## Referências

ABIOGÁS. Divulga novo potencial do biogás para o mercado brasileiro durante o fórum em São Paulo. Disponível em: <https://abiogas.org.br/abiogas-divulga-novo-potencial-do-biogas-para-o-mercado-brasileiro-durante-forum-em-sao-paulo/>. Acesso em 22 fev. 2022.

ADARME, O. F. H.; BAËTA, B. E. L.; FILHO, J. B. G.; GURGEL, L. V. A.; DE AQUINO, S. F. Use of anaerobic co-digestion as an alternative to add value to sugarcane biorefinery wastes. *Bioresource Technology*, v. 287, p. 121443, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121443>

Agência Nacional do Petróleo Gás natural e biocombustíveis. Resolução à ANP nº 8,8/ 2015 Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-8-2015?origin=instituicao&q=8/2015>. Acesso em 22 fev. 2022

Agência Nacional do Petróleo Gás natural e biocombustíveis. Resolução à ANP nº 685/2017 Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-685-2017-estabelece-as-regras-para-aprovacao-do-controle-da-qualidade-e-a-especificacao-do-biometano-oriundo-de-aterros-sanitarios-e-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-industriais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional>. Acesso 22 fev. 2022

ALBUQUERQUE, J. N.; RATUSZNEI, S. M.; RODRIGUES, J. A. D. Biomethane production by thermophilic co-digestion of sugarcane vinasse and whey in an AnSBBR: Effects of composition, organic load, feed strategy and temperature. *Journal Of Environmental Management*, v. 251, p. 109606, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109606>

BARROS G. V.; DUDA M. R.; VANTINI S. J; OMORI W. P.; FERRO T. I. M.; OLIVEIRA A. R.; Improved methane production from sugarcane vinasse with filter cake in thermophilic UASB reactors, with predominance of Methanothermobacter and Methanosarcina archaea and Thermotogae bacteria. *Bioresource Technology*, v. 244, p. 371-381. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.106>

BARROS, R. P. de; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L. da; SOUZA, R. M. de; BARBOSA. L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. de V.; MELO, A. S. de. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça, *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.40, p.341-346, 2010.

BORGES V. A.; FUESS T.L.; ALVES I.; TAKEDA Y.P.; DAMIANOVIC Z.R.; Co-digesting sugarcane vinasse and distilled glycerol to enhance bioenergy generation in biofuel-producing plants. *Energy Conversion And Management*, v. 250, p. 114897, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114897>.

CETESB. Biogás, Definição. Publicado em 20 mar. 2020 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/#:~:text=Contudo%2C%20em%20linhas%20gerais%2C%20o,mistura%20gasosa%2>

Composta%20principalmente%20por%3A&text=Metano%20(CH4)%3A%2050,do%20volume%20de%20g%C3%A1s%20produzido.&text=Di%C3%B3xido%20de%20carbono%20(g%C3%A1s%20carb%C3%B4nico,do%20volume%20de%20g%C3%A1s%20produzido. Acesso em 14 fev. 2022

MORAES, B. S.; PETERSEN, S. O.; ZAIAT, M.; SOMMER, S. G.; TRIOLO, J. M. Reduction in greenhouse gas emissions from vinasse through anaerobic digestion. *Applied Energy*, v. 189, p. 21-30, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.009>.

GUERI, V.M; DOURADO, C.D; SHIMER, N. W; PENTEADO, C.M. Análise do Potencial de geração de biogás a partir da biodigestão anaeróbia da vinhaça de bagaço de cana. *Biofx SCientifica Journal*.v.3 n.1 p. 26-33, 2018.

Pinto, M. P. M., Mudhoo, A., de Alencar Neves, T., Berni, M. D., & Forster-Carneiro, T. Co-digestion of coffee residues and sugarcane vinasse for biohythane generation. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, v. 6, n. 1, p. 146-155, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2017.11.064>.

SILVA M. P.A; BONO M.A. J.; PEREIRA R.A.F.; Aplicação da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. *Ver. Brasileira de Engenharia Agr. e Ambiental*. v.18, n. 1, p. 38-43, 2014.

SILVA M.M.; MAZIERO R.; OLIVEIRA S. L.; RUBIO C. J.; Aproveitamento da vinhaça residual da produção de etanol para geração de biogás: uma revisão. *Retec*, v.12, n.2, p. 17-25, jul/dez, 2019.

SILVA S. A. M; GRIEBELER P.N.; BORGES C. L.; Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lencol freáticos. *Rev. Brasileira Agr. e Ambiental*. v. 11, n.1, p.108-114; 2007.

STREMEL, P. D; SILVA, M. P. M; SANTOS, T. V; MORELL, O.P; Influência da matéria prima na produção de biogás por diferentes tipos de vinhaça. *Revista Brasileira de energias renováveis*; v. 7, n 4, p 349-358, 2018.

TAVARES, J. P. Z. Viabilidade da produção de biogás gerado no tratamento de resíduos alimentícios, indústria, biodiesel e sucroalcooleira. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Biocombustíveis) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus Matão, Matão – SP, 2018.

ÚNICA, Histórico de produção e moagem, produção total de etanol na região de São Paulo. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=2493&safr=2019%2F2020&estado=SP>. Acesso em: 11 jan. 2022.

FERRAZ, J, N, D, A; ETCHEBEHERE. C; PERECIN. D; TEIXEIRA. S; WOODS. J; Advancing anaerobic digestion of sugarcane vinasse: Current development, struggles and future trends on production and end-uses of biogas in Brazil. v157, 2022.