

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia em Desenvolvimento Regional
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira

SABRINA SOBRINHO DE BRITO

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA VINHAÇA

JOÃO PESSOA/PB

2021

SABRINA SOBRINHO DE BRITO

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA VINHAÇA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnóloga em Produção Sucroalcooleira pela Universidade Federal da Paraíba.

Orientadora Prof^a. Dr^a. Márcia Helena Pontieri

JOÃO PESSOA/PB

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B862p Brito, Sabrina Sobrinho de.

Produção de biogás a partir da vinhaça / Sabrina
Sobrinho de Brito. - João Pessoa, 2021.

30 f. : il.

Orientação: Márcia Helena Pontieri.

TCC (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Resíduo. 2. Aproveitamento. 3. Energia renovável.

I.

Pontieri, Márcia Helena. II. Título.

UFPB/CTDR

CDU 662:664.113

SABRINA SOBRINHO DE BRITO

TCC aprovado em 09/12/2021 como requisito para a conclusão do curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA:



PROF.ª. MÁRCIA HELENA PONTIERI - (UFPB – Orientador)



PROF. Dr.ª. ANGELA LUCÍNIA URTIGA VASCONCELOS - (UFPB – Membro interno)



PROF. Dr.ª. MÁRCIA APARECIDA CEZAR - (UFPB – Membro interno)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que Ele fez e faz por mim.

A minha família, principalmente meus pais Fernando e Vanusa por todo amor e paciência e ao meu irmão Cauê, que me deu todo apoio necessário.

Aos meus amigos da universidade, vocês foram muito essenciais em toda minha caminhada acadêmica, e a todos os outros amigos que me deram forças todos os dias para continuar.

A todos os professores, que contribuíram para na minha formação acadêmica, em especial a minha querida orientadora Márcia Pontieri, por tudo, toda dedicação, ensinamentos e correções.

E por todos, que de alguma forma contribuíram para que hoje eu estivesse aqui, o meu muito obrigada.

RESUMO

O meio ambiente passa por diversas mudanças devido a ação humana, das situações mais simples, como jogar no lixo no chão no dia a dia, como em situações maiores que é o caso dos resíduos de indústrias, isso acaba gerando problemas gravíssimos a fauna, flora e até aos próprios humanos, todos os resíduos têm a necessidade de serem descartados corretamente, porém alguns tem uma situação mais delicada, que é o caso da vinhaça que é um resíduo do setor sucroenergético, que é produzido durante do processo da fabricação do etanol, esse resíduo na maioria das vezes é destinado para a fertirrigação, porém esse resíduo é produzido em uma quantidade bastante elevada, para ser usado apenas na fertirrigação, por isso é necessário encontrar outras maneiras para utilizar a vinhaça, uma delas é a produção de biogás a partir desse resíduo. Com isso, o trabalho tem como objetivo analisar artigos científicos sobre a produção de biogás a partir da vinhaça. O resultado dessa análise foi que é viável o processo de produção, porém tendo cuidado com os fatores que podem acabar atrapalhando o processo, fazendo com que não seja possível chegar ao produto final.

Palavras-chaves: Meio ambiente, Resíduo, Aproveitamento, Energia renovável, Biocombustível.

Abstract

The environment goes through several changes due to human action, from the simplest situations, such as throwing garbage on the floor on a daily basis, as in larger situations such as industrial waste, this ends up generating very serious problems for fauna and flora and even for humans, all waste needs to be disposed of correctly, but some have a more delicate situation, which is the case of vinasse, which is a waste from the sugar-energy sector, which is produced during the ethanol manufacturing process, this residue is most often destined for fertigation, but this residue is produced in a very high quantity, to be used only in fertigation, so it is necessary to find other ways to use vinasse, one of which is the production of biogas from that residue. Thus, the work aims to analyze scientific articles on the production of biogas from vinasse. The result of this analysis was that the production process is viable, however, being careful with the factors that can end up interfering with the process, making it impossible to reach the final product.

Keywords: Environment, Waste, Use, Renewable energy, Biofuel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Representação esquemática das etapas do processo de biodigestão anaeróbica.....	20
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AnSBBR - Reator anaeróbio operado em batelada sequencial com biomassa imobilizada em suporte inerte

BMP - Potencial Bioquímico do Metano

Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CH₄ – Metano

COD - Demanda de Oxigênio Bioquímico

COD total - Demanda Química Total de Oxigênio

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento

COT - Carbono Orgânico Total

CO₂ – Dióxido de carbono

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

GNV – Gás Natural Veicular

L - Litro

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

NaOH - Hidróxido de sódio

pH - Potencial Hidrogeniônico

SP - São Paulo

UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket

UDOP - União Nacional de Bioenergia

°C - Grau Celsius

% - Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 Matriz Energética	13
4.2 Vinhaça	14
4.2.1 Características da vinhaça	14
4.2.2 Aproveitamento da vinhaça	15
4.3 Biogás	15
4.4 Biodigestão anaeróbia	17
4.5 Biodigestor mais utilizado na produção de biogás	19
5 RESULTADOS	21
5.1 pH	21
5.2 Temperatura	21
5.3 Umidade	22
5.4 Composição do substrato para biodigestão	22
5.5 Influência do substrato e inóculo na produção de biogás	23
5.6 Utilização de biogás na matriz energética	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, e com o passar do tempo a tendência é que essa produção aumente ainda mais. Isso gera vantagens e desvantagens no setor sucroenergético. Uma das vantagens é o aumento da matéria-prima para a produção de açúcar e etanol, porém tem a desvantagem que é o aumento dos resíduos que acabam sendo produzidos, gerando preocupação, principalmente na produção do etanol por conta da vinhaça que é o maior resíduo produzido a partir desse processo (CALEGARI, 2017).

A vinhaça, é considerado um resíduo altamente poluente, devido ao seu pH baixo e sua grande carga orgânica, medida pela Demanda Química de Oxigênio (DQO) (CALEGARI, 2017), por isso não pode ser descartada de qualquer jeito. Como possui vários nutrientes minerais, entre eles, o potássio, enxofre e cálcio, na maioria das vezes é utilizado como fertilizante.

Na produção de etanol, a cada litro produzido, é gerado em média 12,5 L de vinhaça (ARAUJO, 2017). Levando em consideração que durante um ano uma usina produz em média 30,4 bilhões de litros de etanol, será gerado mais de 350 bilhões de litros de vinhaça (SALOMON; LORA, 2005). Portanto, a utilização de vinhaça como fertilizante não é suficiente para consumir a grande quantidade produzida, sendo necessária a busca de outras formas de aproveitamento ou descarte para o excedente.

Uma alternativa de tratamento da vinhaça é a digestão anaeróbia para a produção de biogás que pode ser utilizado dentro da própria indústria como energia mecânica, energia calorífica, entre outras. Também pode ser purificado e utilizado como combustível veicular ou para produção de energia elétrica. (PENTEADO et al, 2018)

Tendo em vista a crise energética mundial, agravada, no Brasil, pela crise hídrica, a busca de novas matrizes para produção de energias renováveis ou energias alternativas, principalmente a partir de biomassa, da energia solar e eólica é de grande interesse não só para no Brasil, mas também para o mundo

(PACHECO, 2006). Estas fontes de energia são consideradas limpas e vão de encontro aos interesses mundiais que buscam a sustentabilidade do planeta.

Muitos são os fatores que influenciam na capacidade de produção de biogás a partir da vinhaça, tais como temperatura, pH, composição da vinhaça, tipo de reator, qualidade e quantidade de inóculo, entre outros (BALDACIN; PINTO, 2015). Para que haja um processo de anaerobiose consolidado, conhecer a influência desses fatores, é de fundamental importância para o sucesso do tratamento e obtenção do biogás.

Portanto, considerando a relevância do tema, o objetivo deste trabalho é fazer uma revisão bibliográfica de trabalhos que estudam a influência de vários parâmetros na digestão anaeróbia da vinhaça.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão bibliográfica de artigos científicos que estudam a produção de biogás a partir de vinhaça.

2.2 Objetivos específicos

Pesquisar nos periódicos Capes, artigos científicos relacionados com a produção de biogás, a partir da vinhaça.

Analisar os artigos e escolher quais são de interesse para o trabalho.

Fazer uma explanação sobre as informações obtidas nos artigos escolhidos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para obter informações acerca dos fatores que influenciam a digestão anaeróbica da vinhaça, para produção de biogás, foi utilizada uma pesquisa bibliográfica, realizada no portal de periódicos Capes.

Foram levantados os artigos científicos sobre o assunto, disponíveis na plataforma, com publicação nos últimos cinco anos, utilizando-se as palavras-chave: "vinhaça" e "biogás".

Após o levantamento bibliográfico, os artigos selecionados e também, outros citados por estes, foram pesquisados para maiores esclarecimentos sobre o assunto e as informações obtidas foram compiladas para obtermos informações atuais sobre a produção de biogás a partir da vinhaça.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Matriz Energética

A matriz energética mundial tem grande participação dos combustíveis de fontes não renováveis, tais como o petróleo, carvão mineral e o gás natural (EPE). Essas fontes representam 86,5% do total da geração de energia. (FERREIRA et al, 2018)

No Brasil, grande parte da matriz energética vem de fontes renováveis, representando 48,3% do total. Porém apesar do Brasil estar em uma posição bastante confortável, quando comparado com o restante do mundo, mais de 50% de sua matriz energética, ainda provém de fontes não renováveis, principalmente de petróleo e de gás natural que correspondem respectivamente a 33,1% e 11,8%. (EPE, 2020).

A matriz energética elétrica no Brasil, tem a principal fonte de energia, de geração hidráulica, fonte renovável, que representa mais de 66,2% do total, seguida de biomassa (9,1%) e energia eólica (8,8%). (EPE, 2020)

Apesar da alta participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, o fato de ser altamente dependente das fontes hidrelétricas causa preocupação, principalmente considerando a crise hídrica atual. O aumento mundial de consumo de energia, a busca da sustentabilidade do planeta e as atuais crises hídricas enfrentadas no Brasil, mostram que é urgente a busca de alternativas para complementar a matriz energética, e diminuir assim a dependência de um único sistema de geração de energia.

O setor agrícola no Brasil é muito desenvolvido e, dessa forma, é um gerador de grandes quantidades de resíduos de biomassa vegetal. Considerando que a biomassa tem um enorme potencial para aumentar, de forma sustentável, a matriz energética brasileira, esse resíduo pode ser aplicado na produção de biogás e consequentemente o seu uso na produção de energia elétrica (FERREIRA et al, 2018)

Entre os resíduos gerados na agroindústria sucroenergética destaca-se a vinhaça, considerada o resíduo gerado em maior quantidade na fabricação de etanol e que apresenta grande capacidade de geração de biogás.

4.2 Vinhaça

A vinhaça é o principal subproduto oriundo da produção de etanol. Para cada litro de álcool produzido são gerados em média 12,5 L de vinhaça (ARAUJO, 2017). Com alto poder poluente, a vinhaça, se descartada inadequadamente, pode causar um grande problema de poluição ambiental, principalmente nos leitos dos rios.

O estado da Paraíba, é um grande produtor de etanol, segundo a UDOP (União Nacional de Bioenergia) na safra 2020/21 que teve início em agosto de 2020 e terminou em maio de 2021. Na safra atual, a produção de cana-de-açúcar continuou tendo a média das três safras anteriores, mesmo mantendo essa média da produção de cana, segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a safra 2020/21 teve uma produção com cerca de 6,77 milhões de toneladas, fazendo com que o estado permanecesse em terceiro lugar do Nordeste, em relação a produção de etanol na safra 2020/21(1) o estado da Paraíba produziu 407.447,4 mil litros (CONAB, 2020), gerando um quantitativo de vinhaça que corresponde à mais de 5 milhões de litros desse resíduo.

4.2.1 Características da vinhaça

A vinhaça, que também pode ser chamada de vinhoto, garapão ou restilo (COSTA, 2014), é um subproduto que surge a partir do processo industrial que é feito na transformação da cana-de-açúcar para a fabricação do álcool (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007). Ela possui uma cor escura, e um pH ácido, a temperatura de saída é de aproximadamente 107°C, e possui um cheiro desagradável (SALOMON; LORA, 2005).

Segundo Araujo (2017), a vinhaça é bastante poluente, pois tem muita quantidade de matéria orgânica na sua composição, alta corrosividade, mas possui um valor fertilizante alto. A vinhaça também possui vários nutrientes

minerais, entre eles, o potássio, enxofre e cálcio (SZYMANSKI; BALBINOT; SCHIRMER, 2010) e tem uma grande carga orgânica com 100g/L de Demanda Química de Oxigênio (DQO) (COSTA, 2014). E por ela ser cem vezes mais poluente que o lixo doméstico, ela não pode de forma alguma ser jogada no solo de qualquer jeito indiscriminadamente.

4.2.2 Aproveitamento da vinhaça

A maior parte da vinhaça produzida é utilizada na fertilização da própria lavoura da cana-de-açúcar, justamente por ela ter um alto valor de fertilizante, e assim também terá uma economia com a compra de outros fertilizantes minerais que seriam utilizados no lugar da vinhaça. A vinhaça não pode ser aplicada de qualquer jeito no solo, já que ela é considerada altamente poluente, pois, por conta do seu pH baixo, dos elementos químicos que estão presentes em sua composição e a sua condutividade elétrica, pode haver alterações nas propriedades físico-químicas e químicas dos rios, lagos e solos, por conta das frequências que serão utilizadas (SOUZA, 2018).

Por mais que a vinhaça promova uma melhoria no solo em relação a fertilidade, é necessário tomar alguns cuidados na sua aplicação, e esses cuidados podem variar de solo para solo, pois a concentração máxima de Potássio que vai ao solo, não pode passar de 5% da sua Capacidade de Troca Catiônica (SILVA *et al.*, 2012).

A produção de vinhaça é muito elevada para e apenas a sua utilização na fertirrigação não é suficiente, por isso vários estudos são feitos em busca do melhor reaproveitamento desse resíduo, tais como o aproveitamento da vinhaça como alimentação animal, uso no processo da produção de leveduras, reutilização na construção civil, e também pode ser aproveitada no processo de biodigestão para a produção do biogás (SALOMON; LORA, 2005).

4.3 Biogás

O biogás nada mais é do que um tipo de biocombustível, que é produzido a partir de uma decomposição de matéria orgânica que passa por um processo

chamado digestão anaeróbica, ou seja, por bactérias que se desenvolvem na ausência de oxigênio (RAMOS, 2017).

O processo pode ser natural ou em biodigestores construídos com esse fim. No digestor anaeróbio, tem-se o processo que ocorre através de uma série de reações, sendo elas, hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, cada etapa dessa gera a etapa seguinte, no final temos a metanogênese, onde nela é formada a parte principal, o metano (CASTRO; MATEUS, 2016).

A composição do biogás na maioria das vezes tem de 50% a 75% de CH_4 , 25% a 50% de CO_2 , e algumas porcentagens de amônia, hidrogênio e alguns outros gases, tais como nitrogênio, oxigênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, entre outros, mas em uma proporção menor, que vai depender da matéria que será utilizada para a produção desse biogás (BERSCH, 2019). O biogás pode ser utilizado na geração de energia elétrica e como biocombustível para os veículos. Quando o biogás é queimado, tem-se a transformação de CH_4 em CO_2 e água, sendo uma alternativa para a utilização no lugar do gás natural (VIEIRA; POLLI, 2020).

Algumas características do biogás, é que ele é um gás inflamável (por conta do metano), não possui cheiro e nem gosto, e não tem cor (VIEIRA; POLLI, 2020). Além disso, é necessário alguns cuidados nos equipamentos que devem ser utilizados com o biogás, pois ele é um gás bem agressivo em relação a corrosão (SALOMON; LORA, 2005).

O biogás pode substituir outros combustíveis, como por exemplo o diesel, pode ser utilizado em: aquecedores, geradores, motores, refrigeradores, e vários outros equipamentos que possam ser ajustados para o funcionamento com o biogás (VIEIRA; POLLI, 2020).

Dentro da própria indústria sucroenergética pode ser usado para o acionamento do mecanismo de moagem da cana-de-açúcar a partir do vapor gerado pela sua queima na caldeira; purificação do biogás para obtenção de metano que pode servir como combustível na época de safra; geração de energia elétrica a partir do acionamento de uma turbina ligada a um gerador elétrico. (PENTEADO et al, 2018)

A produção de biogás, a partir da vinhaça, também apresenta vantagens na área ambiental, já que os projetos que envolvem biodigestores vão de encontro ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que tem como

objetivo, diminuir a taxa de emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa (PENTEADO et al, 2018).

Na maioria das vezes o biogás é utilizado como fonte de energia elétrica, sendo esse o ponto principal da sua aplicação. Para acontecer essa conversão, existe energia química dentro das moléculas de biogás, essas moléculas são transformadas em energia mecânica a partir de um processo de combustão controlada, eles ativam um gerador onde acontece a transformação para a energia elétrica, as tecnologias mais utilizadas nesse processo de conversão são o Ciclo Rankini e os motores de combustão interna (Ciclo Otto) (VIEIRA; POLLI, 2020).

4.4 Biodigestão anaeróbia

O processo completo da digestão anaeróbia é separado em quatro etapas, a hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (SOARES; FEIDEN; TAVARES, 2017). Esse processo nada mais é do que a transformação da matéria orgânica em um gás.

A primeira etapa é a hidrólise, que é considerada a etapa mais lenta, mas irá depender do material utilizado e de como será a sua estrutura, porém é uma etapa bem importante.

Nessa etapa as moléculas maiores (polímeros, carboidratos, proteínas e lipídios), presentes no material orgânico que é escolhido para o processo são quebradas (hidrolisadas) para formar moléculas menores (açúcares, aminoácidos, peptídeos e ácidos graxos de cadeia longa) para que o microrganismo possa alimentar-se deles. Além disso, as bactérias presentes no biodigestor produzem enzimas que quebram as moléculas de proteína, hidratos de carbono e graxos, transformando para aminoácidos, açúcares simples, álcoois e ácidos graxos. Com essa quebra, os microrganismos conseguem absorver pequenas partes da matéria orgânica para aproveitar a energia que está contida nelas (KARLSSON et al., 2014).

A segunda etapa é chamada acidogênese. Nela a maior parte dos microrganismos que estava ativa na primeira etapa, continuará ativa. Os ácidos e os componentes menores que vieram da divisão das moléculas maiores da

primeira etapa, continuam diminuindo em moléculas ainda menores. Nessa etapa por meio de reações são formados os ácidos orgânicos (acético, butírico, láctico), amoníaco, álcool, hidrogênio e dióxido de carbono. Os ácidos graxos formados na primeira etapa, só serão quebrados na próxima etapa.

A terceira etapa que é a acetogênese, é feita a continuação da quebra das moléculas das etapas anteriores em moléculas cada vez menores, onde precisa ter uma boa conexão entre os microrganismos que são os produtores de metano. Nesta terceira etapa as bactérias acetogênicas transformam o material que foi retirado das etapas anteriores em hidrogênio, dióxido de carbono e ácido acético. O excesso de hidrogênio formado, açúcares, aminoácidos, peptídeos e ácidos graxos de cadeia longa deve ser consumido pelas bactérias metanogênicas, pois as bactérias acetogênicas apresentam muita sensibilidade a esse gás.

Na quarta etapa, a etapa da metanogênese, ocorre a transformação para o produto que se deseja na reação, que é o metano. Para a formação do metano, os microrganismos metanogênicos utilizarão os subprodutos das etapas anteriores (ácido acético, dióxido de carbono, entre outros). As bactérias metanogênicas não suportam mudanças de pH e substâncias tóxicas, que podem acontecer no decorrer do processo, com isso, é necessário fazer uma mudança para que as bactérias metanogênicas possam se adaptar, de forma que o processo de formação do biogás, formado principalmente por metano, apresenta boa rentabilidade (KARLSSON *et al.*, 2014).

A Figura 01 representa, esquematicamente, as etapas do processo de digestão anaeróbica

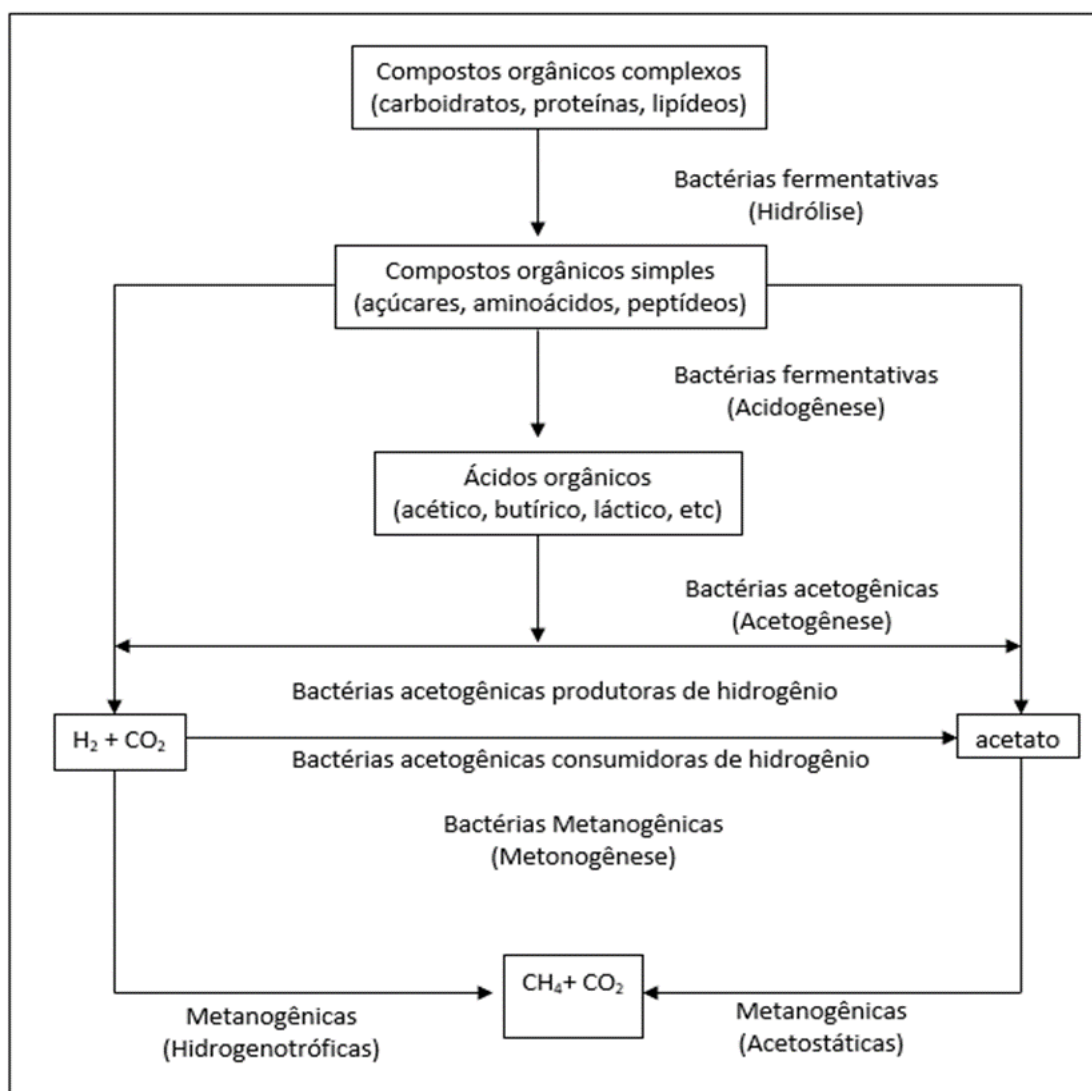


Figura 01: Representação esquemática das etapas do processo de biodigestão anaeróbica (adaptado de BALDACIN e PINTO, 2015)

4.5 Biodigestor mais utilizado na produção de biogás

O reator mais utilizado no tratamento anaeróbico de vinhaça, é o reator de manta de lodo anaeróbio ascendente (UASB). Ele apresenta a vantagem de ter uma baixa produção de lodo e no processo de transformação de vinhaça em biogás, apresenta uma conversão de demanda química total de oxigênio (COD total) de 50% (ESPANÃ-GAMBOA *et al*, 2012).

O fato do projeto do reator ser simples e não necessitar de equipamentos sofisticados, torna o uso dessa tecnologia bastante vantajoso. Nesse tipo de

reator, a autodegradação das bactérias e arqueias provoca um agrupamento dos microrganismos em forma de grânulos ou flocos. Os grânulos são aglomerados compactos que possuem alta atividade metanogênica. Esse processo de formação dos agrupamentos depende muito do fluxo ascendente e da composição do efluente utilizado (CHERNICHARO, 2007 *apud* BARROS, DUDA e OLIVEIRA, 2016).

5 RESULTADOS

Diversos fatores podem afetar a digestão e consequentemente a produção do biogás, entre eles, a composição da vinhaça, condições ambientais e operacionais, configuração do reator, comunidade microbiana estabilizada no reator.

Foram pesquisados vários trabalhos que citam as condições adequadas para a produção de biogás de vinhaça, estudos feitos com misturas de substrato, volume e composição de inóculos, entre outros.

A seguir estão elencadas as informações obtidas nessa pesquisa.

5.1 pH

A atividade enzimática está diretamente relacionada ao pH. Alterações do pH, afetam suas estruturas proteicas, modificando-as. Isso faz com que elas percam suas características, aumentando ou diminuindo a toxicidade de inúmeros compostos (BALDACIN e PINTO, 2015).

Considerando que a maioria dos microrganismos metanogênicos cresce em pH na faixa de 6,7 a 7,5, o pH neutro se mostra adequado para a produção do biogás (MANONMANI *et al*, 2017).

Portanto, como o pH da vinhaça é muito ácido, faz-se necessário a correção para um pH neutro, o que pode ser feito com a adição de hidróxido de sódio (NaOH) (PENTEADO *et al*, 2018). Pois as mudanças em relação ao pH afetam os microrganismos, então é preciso manter a faixa adequada para esse processo (SOARES; FEIDEN; TAVARES, 2017).

5.2 Temperatura

A velocidade das reações químicas e bioquímicas do processo de biodigestão anaeróbica sofre grande influência da temperatura, afetando, portanto, a produção de biogás. A temperatura no interior das células dos microrganismos é determinada pela temperatura ambiente, logo, é importante

que haja controle da temperatura do biodigestor durante o processo (BALDACIN; PINTO, 2015).

As faixas de temperatura associadas com o crescimento microbiano são classificadas como: faixa psicrófila entre 4 a 20 °C, faixa mesófila entre 20 a 40 °C e faixa termófila entre 45 a 70 °C. Geralmente a biodigestão anaeróbica é conduzida na faixa mesófila. No Brasil essas temperaturas são próximas à temperatura ambiente, o que torna a escolha bastante vantajosa (FARIA, 2012).

A temperatura então é um dos fatores físicos que afeta os microrganismos, por isso que a faixa mesófila é a mais favorável para a produção de biogás (SOARES; FEIDEN; TAVARES, 2017).

5.3 Umidade

A umidade do resíduo pode modificar a produção de biogás, por isso que para indicar um grande potencial de geração de biogás, o teor de umidade de um resíduo precisa estar pelo menos de 60% a 90%, com isso, 85% é considerado muito boa para a geração de biogás (PENTEADO *et al.*, 2018).

5.4 Composição do substrato para biodigestão

A composição da vinhaça é possivelmente a mais crucial no processo de biodigestão. Para a produção de biogás a partir da vinhaça, é necessário saber as características da vinhaça, como tipo do mosto, pureza da cana-de-açúcar, concentração do etanol e quantidade de ácidos, pois, a partir disso, será possível saber sobre a quantidade de biogás que vai ser produzido (SOUSA; FERREIRA; SILVA, 2017).

E também pode-se levar em consideração que os fatores do substrato, as características do biodigestor e as condições da operação podem afetar de diversas formas o processo da digestão anaeróbia (SOARES; FEIDEN; TAVARES, 2017).

Também é de fundamental importância buscar misturas que possam aumentar o rendimento da biodigestão.

5.5 Influência do substrato e inóculo na produção de biogás

Penteado *et al.*, 2018, verificaram a geração de biogás a partir da biodigestão de vinhaça, de bagaço de cana e da mistura dos dois resíduos. Para isso, utilizou reatores de bancada desenvolvidos para a determinação de potencial de geração de metano (BMP). Os resultados obtidos mostraram que a composição do substrato usado influenciou nas características do biogás produzido. Os três substratos avaliados apresentaram boa remoção de carga orgânica. O que mostra que houve transformação da matéria orgânica em biogás.

A biodigestão da vinhaça pura e da mistura vinhaça e bagaço apresentaram maior volume de biogás gerado, considerado insatisfatório pelos autores que sugeriram que a adição de um inóculo poderia ativar o potencial de geração de biogás.

Silva e Abud (2017) avaliaram a utilização de esterco bovino como inóculo no processo de biodigestão da vinhaça. Foram avaliadas diferentes concentrações do inóculo (0,5, 3,0 e 5,5%) e controle do pH durante toda a fase acidogênica, o acompanhamento da DQO, a formação e a composição do biogás formado. Além disso ainda caracterizaram o biofertilizante e o lodo formado.

O processo ocorreu em 20 dias, houve redução de DQO e Sólidos Totais em 67 e 40% respectivamente, havendo preservação de nitrogênio e fósforo total. O biogás apresentou em torno de 70% de metano. O aumento das concentrações de inóculo não influenciaram de forma positiva na eficiência de produção de biogás, portanto os autores recomendam trabalhar com concentrações menores de inóculo.

Barros, Duda e Oliveira (2016) avaliaram o início e a estabilização da conversão anaeróbia de vinhaça em metano in natura, obtida em usinas da região de Ribeirão Preto, SP, aumentando gradualmente a taxa de carregamento orgânico em reatores UASB. Foi utilizado como inóculo, lodo granulado produzido no tratamento de águas residuárias de suínos. Os autores concluíram que a maior conversão de Carbono orgânico total (COD) em metano foi em 140 dias de operação dos reatores. A eficiência de remoção de COD foi de 70 a 80%. Também concluíram que os reatores UASB produziram metano de alta

eficiência, um efluente de melhor qualidade e lodo estável e que os nutrientes presentes podem ser reciclados utilizando o efluente e o lodo como fertilizantes.

Sousa *et al.*, (2019) avaliaram a produção de metano em um biodigestor AnSBBR de co-digestão de vinhaça de cana-de-açúcar e soro de leite em condições mesofílicas. A avaliação foi feita considerando a alimentação do biodigestor, interação entre o tempo de ciclo, a influência da concentração, carga orgânica e a influência da temperatura sobre a estabilidade e performance do sistema no que diz respeito a energia na forma de metano e conformidade ambiental do resíduo.

Penteado *et al.*, 2018, a geração de biogás a partir da biodigestão de vinhaça, de bagaço de cana e da mistura dos dois resíduos. Para isso, utilizou reatores de bancada desenvolvidos para a determinação de potencial de geração de metano (BMP). Os resultados obtidos mostraram que a composição do substrato usado influenciou nas características do biogás produzido. Os três apresentaram boa remoção de carga orgânica. O que mostra que houve transformação da matéria orgânica em biogás. A biodigestão da vinhaça pura e da mistura vinhaça e bagaço apresentaram maior volume de biogás gerado, considerado insatisfatório pelos autores que sugeriram que a adição de um inóculo poderia ativar o potencial de geração de biogás.

Soares, Feiden e Tavares (2017) verificaram que os fatores de produção e a digestão anaeróbia, podem afetar o processo de produção de biogás, modificando ou até mesmo paralisando a continuidade do processo.

5.6 Utilização de biogás na matriz energética

Neto, Gallo e Nour (2020) pesquisaram quais são os benefícios potenciais da produção de biogás com a produção de biometano e eletricidade em relação ao balanço de energia e as emissões de gases de efeito estufa que são evitadas. Eles concluíram que a produção e aproveitamento do biogás tem um ótimo potencial energético, em relação às tecnologias e projetos já disponíveis para a produção de eletricidade, biometano, entre outros.

Ferreira et al (2018) mostraram como é o potencial da biomassa no Brasil para a produção de biogás e com isso observam a utilização para a geração de energia elétrica no país. E os resultados obtidos demonstraram que é possível a utilização da biomassa para o aproveitamento energético do biogás. Sendo assim uma vantagem desse uso, no setor econômico, ambiental e social.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de diferentes artigos científicos mostra que fatores como pH, temperatura, umidade e as características da vinhaça, do biodigestor e do inóculo são essenciais para a produção de biogás, devem ser analisados criteriosamente pois algumas mudanças podem acabar encerrando o processo de produção. Existem vários trabalhos sendo desenvolvidos, com o intuito de melhorar o processo e obter melhor rendimento de produção de biogás.

Por fim, as pesquisas mostram que é viável o processo de produção de biogás a partir da vinhaça, sendo algo de grande importância no setor sucroenergético, aumentando o valor desse subproduto, ajudando o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. J. F. **Análise Energética, Ambiental e Econômica de Biodigestores de Circulação Interna e Concentradores de Vinhaça para Geração de Eletricidade, Fertilizantes e Créditos de Carbono em Diferentes Cenários Econômicos**. Dissertação de Pós-Graduação (Administração). Ribeirão Preto: USP, 2017.

BALANÇO FINAL DA SAFRA 2020/2021 DE CANA-DE-AÇÚCAR MOSTRA QUE A PB MANTEVE A MÉDIA DE PRODUÇÃO COM QUASE SEIS MILHÕES DE T. **UDOP**, Araçatuba/SP, 22 de Jun. de 2021. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/noticia/2021/06/22/balanco-final-da-safra-2020-2021-de-cana-de-acucar-mostra-que-a-pb-manteve-a-media-de-producao-com-quase-seis-milhoes-de-t.html>>. Acesso em: 02 de Dez. de 2021.

BALDACIN, A. C. S.; PINTO, G. M. F. Biodigestão Anaeróbia da Vinhaça: Aproveitamento Energético do Biogás. **Revista Eletrônica FACP**, ano III, nº 07, jan. 2015

BARROS, V. G.; DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. **Biomethane production from vinasse in upflow anaerobic blanket reactors inoculated with granular sludge**. Brazilian Journal of microbiology, 47 p. 628-639, 2016.

BERSCH, Renata. **Produção de Biogás no Brasil e na Espanha: um estudo comparativo**. 2019. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

CALEGARI, Rubens Perez. **Produção de Biogás a partir da Vinhaça Concentrada**. Dissertação de Mestrado (Ciências). Piracicaba: USP, 2017.

CASTRO, Diego dos Santos; MATEUS, Viviana Oliveira. **Produção de Biogás a Partir de Restos de Alimentos Coletados em um Restaurante: Uma Experiência a Ser Disseminada**. UNIFACS, 2016.

CHERNICHARO, Cal. Reatores Anaeróbios **Princípios do tratamento biológico em águas residuárias**. @nd ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG; 2007.

COSTA, R. F. S. **Produção de Biogás a partir da vinhaça**. Dissertação de Graduação (Química Industrial). Assis: FEMA, 2014.

Empresa de Matriz Energética – EPE. **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 20/11/2021

ESPAÑA-GAMBOA, E. I.; MIJANOS-CORTÉS, J. O.; ZÁRATE, G. H., MALDONADO, J. A. D. and Alzate-Gaviria, L. M., **Methane production by**

treating vinasses from hydrous ethanol using a modified UASB reactor **Biotechnology for Biofuels**. 5(1):82, 2012.

FARIA, R. A. P. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto** – Estudo de caso. 63 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR, 2012

FERREIRA, L. R. A.; OTTO, R. B.; De SOUZA, S. M. N.; ANDO JUNIOR, O. H. Review of the energy potential of the biomass for the distributed Generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol 94, pag 440-455, 2018.

KARLSSON, Tommy *et al.* **Manual Básico de Biogás**. Editora Univates, 1ª Edição, Lajeado, 2014.

MANONMANI, P.; MUAZU, L.; KAMARAJ, M. C.; GOEL, M.; ELANGOMATHAVAN, R. Biogas production potential of food waste. **International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology**, v. 2, n. 2, p. 707-711, 2017.

NETO, J. V. S. N., GALLO, W. L. R. e NOUR, E. A. A. Production and Use of Biogas from Vinasse: Implications for the Energy Balance and GHG Emissions of Sugar Cane Ethanol in the Brazilian Context. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. Vol 39, no 1, january/february, 2020.

PACHECO, F. Energias Renováveis: Breves Conceitos. **C&P Conjuntura e Planejamento**. Salvador: SEI, n.149, p.4-11, 2006.

PB: PESQUISA SOBRE EVOLUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR É REALIZADA NO ESTADO. **CONAB**. 20 de Nov. de 2020. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/pb--pesquisa-sobre-evolucao-da-cana-de-acucar-e-realizada-no-estado_442689.html>. Acesso em: 02 de Dez. 2021.

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

RAMOS, A. S. G. **Projeção de um Biodigestor para degradação de Resíduos Animais e Produção de Biogás e Biofertilizante, Adaptado para Zona Rural**. Relatório de Conclusão de Curso (Engenharia em Energias Renováveis). Mindelo, 2017.

SALOMON, Karina Ribeiro; LORA, Electo Eduardo Silva. Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica para Diferentes Fontes de Biogás no Brasil. **Renabi**, Biomassa & Energia, v.2, n.1, p. 57-67, 2005.

SILVA, C. E. F, ABUD, A. K. S. Influence of manure concentration as inoculum in anaerobic digestion of vinasse. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 39, n. 2, p. 173-180, apr-june, 2017.

SILVA, Mellissa A. S. da; GRIEBELER, Nori P.; BORGES, Lino C. Uso da vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SILVA, Nelmício Furtado da *et al.*, **Distribuição de Solutos em Colunas de Solo com Vinhaça**. Irriga, Botucatu, Edição Especial, p. 340 - 350, 2012.

SOARES, Caroline Monique Tietz; FEIDEN, Armin; TAVARES, Sidnei Gregório. Fatores que influenciam o processo de digestão anaeróbia na Produção de Biogás. **Nativa, Sinop**, v.5, esp., p.509-514, dez. 2017.

SOUSA, Eduardo Augusto Fabiano de; FERREIRA, Deusmaque Carneiro; SILVA, Marcelo Bacci da. Produção de Biogás a partir da vinhaça: Simulação Computacional para Reator UASB. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.26; p.1406, 2017.

SOUSA, S. P.; LOVAT, G; ALBANEZ, R. RATUZNEI, S. M; RODRIGUES, J. A. D. Improvement of Sugarcane Stillage (vinasse) anaerobic digestion with cheese whey as its co-substrate: achieving high methane productivity and yield. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, 189, p 987-1006, 2019.

SOUZA, Rita de Cássia Pereira de. **Análise exergética da vinhaça para a produção de biogás**. Dissertação de Graduação (Engenharia Ambiental). Londrina: UFPR, 2018.

SZYMANSKI, Mariani Silvia Ester; BALBINOT, Rafaelo; SCHIRMER, Waldir Nagel. **Biodigestão anaeróbia da vinhaça**: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono – estudo de caso. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 901-912, out./dez. 2010.

VIEIRA, Henrique Gois; POLLI, Henrique Quero. **O biogás como fonte alternativa de energia**. Taquaritinga: Fatec, SP, Interface Tecnológica - v. 17 n. 1, p. 388-400, 2020.

ZANETTE, André Luiz. **Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil**. Dissertação de Mestrado (Ciências em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

