



Biogás no Setor Sucroenergético

Nota Técnica



CIBIOGAS
ENERGIAS RENOVÁVEIS



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Parceiros do Projeto



Parceiros nesta Atividade



Comitê Diretor do Projeto



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



www.gefbiogas.org.br

This project/program is funded by the Global Environment Facility

Projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira” (GEF Biogás Brasil)



Este documento está sob licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Citações ao material contido neste documento devem ser da seguinte forma:

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BIOGÁS E BIOMETANO. **Biogás no setor sucroenergético**: nota técnica. Brasília: MCTI, 2020. *E-book*. (Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira: GEF Biogás Brasil).

COMITÊ DIRETOR DO PROJETO

Global Environment Facility

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Ministério de Minas e Energia

Ministério do Meio Ambiente

Centro Internacional de Energias Renováveis

Itaipu Binacional

PARCEIROS

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

Associação Brasileira de Biogás

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FICHA TÉCNICA

Nome do produto:

Nota Técnica: Biogás no Setor Sucroenergético

Componente Output e Outcome:

1.2.1

Publicado por:

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Entidade(s) Diretamente Envolvida(s):

Centro Internacional de Energias Renováveis

Biogás – CIBiogás

Organização das Nações Unidas para o

Desenvolvimento Industrial - UNIDO

Associação Brasileira de Biogás e Biometano –

ABiogás

Autoria e coautoria:

Daiana Gotardo Martinez – UNIDO | CIBiogás

Juliana Gaio Somer - CIBiogás

Maurício Cabral Penteado - CIBiogás

Nicolas Lazzaretti Berhorst – UNIDO | CIBiogás

Revisão técnica:

Ricardo Muller – UNIDO | CIBiogás

Tamar Roitman - ABiogás

Marcela Vincoletto Rezende - ABiogás

Coordenação:

Felipe Souza Marques – UNIDO | CIBiogás

Data da publicação: Agosto/2022

O68n Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial.

Biogás no setor sucroenergético: nota técnica / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial ; Associação Brasileira de Biogás e Biometano ; Comitê diretor do projeto Centro Internacional de Energias Renováveis. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020.

27 p.: il. – (GEF Biogás Brasil)

ISBN: 978-65-87432-38-0

1. Biogás – Produção – Brasil. 2. Biometano – Produção – Brasil. 3. Indústria sucroenergética – Brasil. 4. Biogás – Políticas públicas – Brasil. 5. Energia limpa – Brasil. I. Martinez, Daiana Gotardo. II. Somer, Juliana Gaio. III. Penteado, Maurício Cabral. IV. Berhorst, Nicolas Lazzaretti. V. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. VI. UNIDO. VII. Centro Internacional de Energias Renováveis Biogás. VIII. CIBiogás. IX. Associação Brasileira de Biogás e Biometano. X. ABiogás. XI. Título. XII. Série.

CDU 662.767.2



APRESENTAÇÃO

O Projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira” (GEF Biogás Brasil) reúne o esforço coletivo de organismos internacionais, setor privado, entidades setoriais e do Governo Federal em prol da diversificação da matriz energética do país por meio do biogás.

O Projeto é liderado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), implementado pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), e conta com o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás) como principal entidade executora.

O objetivo do Projeto é reduzir a emissão de gases de efeito estufa, fortalecendo as cadeias de valor e inovação tecnológica ligadas à produção de biogás. Por meio de ações concretas, o Projeto amplia a oferta de energia e combustível no Brasil a partir da geração de biogás e biometano, fortalecendo as cadeias nacionais de fornecimento de tecnologia no setor e facilitando investimentos.

O biogás é uma fonte renovável de energia elétrica, energia térmica e combustível. Seu processamento também resulta em biofertilizantes de alta qualidade para uso agrícola. A gestão sustentável dos resíduos orgânicos provenientes da agroindústria e de ambientes urbanos por meio da produção de biogás traz um diferencial competitivo para a economia brasileira. Desenvolver a cadeia de valor do biogás significa investir em uma economia circular envolvendo inovação e novas oportunidades de negócios. Indústrias de equipamentos e serviços, concessionárias de energia e gás, produtores rurais e administrações municipais estão entre os beneficiários do Projeto, que conta com US \$7,828,000 em investimentos diretos.

Com abordagem inicial na Região Sul e no Distrito Federal, o Projeto gera impactos positivos para todo o país. As atividades do Projeto incluem a atuação direta junto a empresas, cooperativas e entidades da governança do biogás para implementar acordos de cooperação, fazer análises de mercado, desenvolver modelos de negócio inovadores e atrair investimentos nacionais e internacionais.

O Projeto também investe diretamente na otimização de plantas de biogás mais eficientes, seguras e com modelos replicáveis, entregando ao mercado exemplos práticos de sucesso operacional. Além disso, o Projeto desenvolve ferramentas digitais e atividades de capacitação que atualizam e dinamizam o setor, facilitando o desenvolvimento de projetos executivos de biogás. Em paralelo, especialistas do Projeto desenvolvem estudos técnicos com dados inéditos que apoiam o avanço de políticas públicas favoráveis ao biogás. Dessa forma, o Projeto entrega para o mercado brasileiro mais competitividade, fomentando o biogás como um grande catalizador de novas oportunidades.



BIOGÁS NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Nota técnica

**Data da Publicação:
Agosto/2022**



Sumário

1. RESUMO / ABSTRACT	6
2. IMPACTOS	7
3. Introdução	8
4. O Biogás no setor sucroalcooleiro brasileiro.....	10
5. Política Nacional de Biocombustíveis - RENOVABIO.....	13
6. Usinas de biogás	15
6.1. Geo Energética	16
6.2. Biogás Bonfim.....	17
6.3. Adecoagro/Methanum.....	19
7. Produção de biogás.....	20
7.1. Determinação da produção de biogás	20
7.2. Potencial de produção de biogás	21
8. Desafios e oportunidades	25
9. Considerações finais	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. RESUMO / ABSTRACT

PORTUGUÊS

Anualmente são gerados volumes expressivos de vinhaça, torta de filtro e palha a partir do processamento da cana de açúcar e milho para obtenção de etanol e açúcar. Esses resíduos e efluentes estão prontamente disponíveis em usinas sucroalcooleiras, o que oportuniza ainda mais seu aproveitamento como fonte de matéria-prima para a produção de biogás. O setor sucroenergético possui um potencial de 39,8 bilhões de metros cúbicos por ano, atualmente sendo explorados por meio de quatro usinas as quais geram o equivalente de 0,3% do potencial. De modo a fomentar o aproveitamento do biometano e de outras fontes, políticas públicas vêm sendo estabelecidas no Brasil, entre elas a Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio, nela foi criado o mecanismo de Crédito de Descarboxinação (CBIO), que é um ativo negociável em bolsa, que permite impulsionar o mercado e o estabelecimento de novas plantas de biometano no Brasil em especial no setor sucroenergético.

Palavras-chave: biogás; biometano; usinas; sucroenergético; fator de conversão; Renovabio.

ENGLISH

Every year, significant volumes of vinasse, filter cake and straw are generated from the processing of sugar cane and corn to obtain ethanol and sugar. These residues and effluents are readily available in sugar-alcohol plants, which makes it even more convenient to use them as a source of raw material for the production of biogas. The sugar-energy sector has a potential of 39.8 normal cubic meters per year, currently being exploited through four plants that generate the equivalent of 0.3% of the potential. In order to promote the use of biomethane and other sources, public policies have been established in Brazil, including the National Biofuel Policy - RenovaBio, which created the Decarbonization Credit Mechanism (CBIO), which is a negotiable asset on the stock exchange that allows the market and the establishment of new biomethane plants in Brazil, especially in the sugar-energy sector.

Keywords: biogas; biomethane; plants; sucroenergy; conversion factor; Renovabio.

2. IMPACTOS

O segmento sucroenergético possui potencial expressivo de produção de biogás no Brasil, agentes do setor apontam crescimento em sua participação na produção de biogás e biometano para os próximos anos. A partir dos resultados apresentados nesta nota espera-se contribuir para com os usineiros, entidades representativas e demais instituições, com informações relativas ao potencial dos diversos substratos gerados, fatores conversão, apresentação de modelos de negócios existentes realizando o aproveitamento energético do biogás, assim como o detalhamento de uma das principais políticas públicas em vigor que pode apoiar substancialmente no impulsionamento de novos projetos.

No âmbito econômico e ambiental espera-se contribuir na análise de como os resíduos gerados a partir do processamento da cana de açúcar podem ser utilizados na biodigestão ampliando e gerando novas oportunidades de negócios para usinas em operação no país e em contrapartida contribuindo com o tratamento de passivos ambientais.

3. Introdução

A cana-de-açúcar e o milho são os insumos mais utilizados para a produção de açúcar e de etanol no mundo (Elbehri et al., 2013). A partir de seu processamento são gerados diferentes resíduos e subprodutos orgânicos, tais como: palha, bagaço, torta de filtro e vinhaça.

Parte desses resíduos são aplicados diretamente como fertilizantes orgânicos nos canaviais para reciclagem de nutrientes (vinhaça e torta de filtro). Outra parte é utilizada como combustível em sistemas de cogeração (bagaço) ou mesmo deixado para se decompor nos campos e proteger o solo (palha) (JANKE et al., 2015). A Figura 1 ilustra os principais subprodutos gerados na indústria sucroalcooleira.

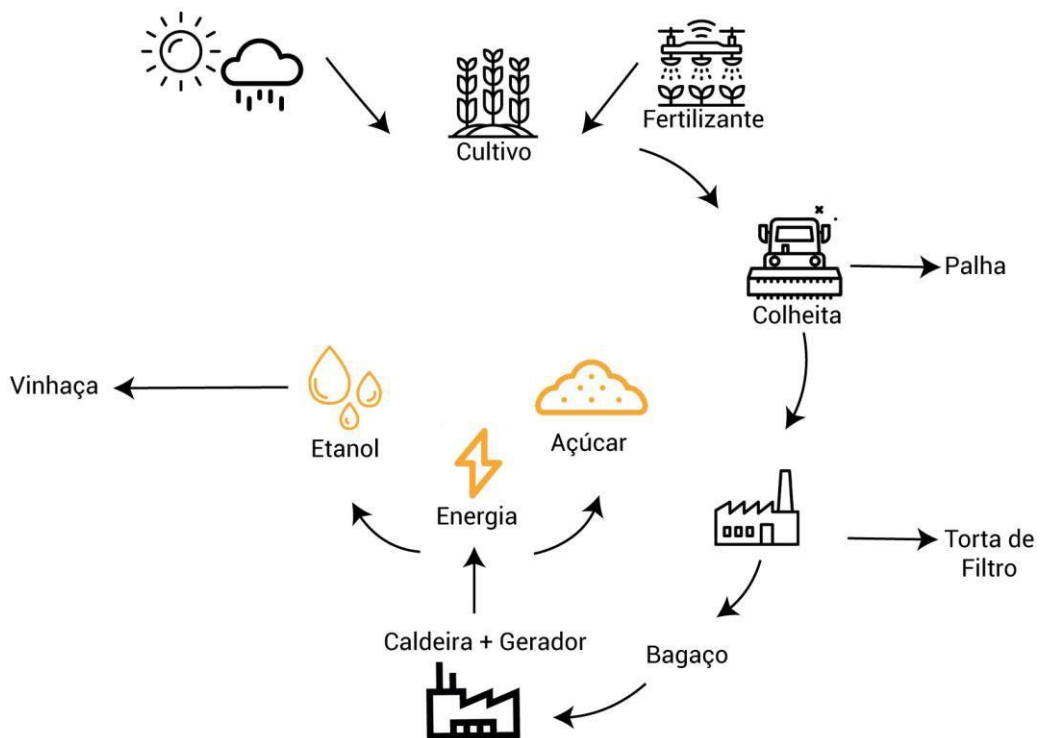


Figura 1. Etapas de transformação de cana e geração de subprodutos
Fonte: Adaptado de ADECOAGRO,2019

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

Palha: Resíduo da colheita da cana. Quando não queimada, é disposta no solo favorecendo o plantio direto e cobertura do solo.



Bagaço: Produzido no início do processo na moagem de cana. Importante insumo energético e estratégico. Normalmente comercializado ou utilizado como combustível para cogeração.



Vinhaça de cana: Gerada na etapa de destilação na produção de etanol. Retorna ao solo como fertilizante. Dado o expressivo volume (aprox. 10 L para cada L de etanol) incorre em custos de logística.



Torta de filtro: Resíduo de alta carga orgânica. Produzido na etapa de clarificação do mosto logo após a moagem da cana. Utilizada como fertilizante após passar pelo processo de compostagem. Normalmente misturada com cinzas das caldeiras.



Vinhaça de milho: Gerada na etapa de destilação na produção de etanol. Retorna ao solo como fertilizante. Semelhante à vinhaça de cana, produzida também a taxa aprox. de 10 L de por tonelada de grão moído.



Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

Esta nota técnica fornece dados sobre o setor sucroalcooleiro brasileiro no processo de produção de biogás, contemplando sua dimensão e seu impacto com o uso deste energético. Serão apresentados dados físico-químicos e de conversão energética para apoiar projetos, estudos, pesquisas e outras iniciativas que visem a utilização de resíduos e efluentes gerados a partir do processamento da cana-de-açúcar e milho para produção de etanol e/ou açúcar.

Em relação aos dados de potencial e produção de biogás, serão apresentados resultados a partir do bagaço de cana-de-açúcar, da torta de filtro e vinhaça de cana-de-açúcar e de milho. Para construção desta nota, foram considerados substratos prontamente disponíveis em indústrias sucroalcooleiras, por conta disso a palha foi excluída das análises.

4. O Biogás no setor sucroalcooleiro brasileiro

Segundo estudo realizado pelo Centro Internacional de Energias Renováveis Biogás - CIBiogás (2020), o Brasil possui quatro plantas de biogás utilizando resíduos sucroenergéticos, sendo que destas, duas estão em operação e outras duas em processo de implantação. Três delas estão localizadas em São Paulo, estado que detém a maior parte das usinas de açúcar e etanol do Brasil.

Dados da ABiogás apontam um potencial de produção de biogás a partir do setor sucroenergético de 39,8 bi normal metros cúbicos por ano, considerando vinhaça, torta de filtro, bagaço e palha, ao avaliar apenas a torta e a vinhaça o potencial nacional é de 6,5 bi Nm³/ano de biogás ou 3,7 bi m³/ano de biometano. Atualmente são gerados 135 mi normal metros cúbicos de biogás por ano, considerando quatro plantas em operação no país, ou seja, aproveita-se 0,3% do potencial nacional (considerando vinhaça, torta de filtro, bagaço e palha).

As tecnologias disponíveis para o aproveitamento dos resíduos do processamento da cana são diversas, embora a mais tradicional ocorra através da queima do bagaço e da palha em caldeiras (PDE, 2019). Neste contexto, surge de forma tímida a possibilidade de biodigestão, principalmente a partir da vinhaça e torta de filtro, já que o bagaço e a palha apesar de apresentarem alto

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

potencial de produção de biogás, possuem um valor de mercado para o bagaço e um custo elevado de coleta e transporte da palha, o que pode limitar ou impedir a viabilidade econômica de uma planta utilizando esses substratos na biodigestão anaeróbia.

O bagaço e a palha de cana são insumos utilizados para a geração de bioeletricidade no país. Em 2018, 82% da bioeletricidade fornecida ao Sistema Interligado Nacional - SIN foi oriunda de usinas sucroenergéticas, o setor representa a 4ª fonte de geração na matriz energética brasileira (UNICA et al., 2019). Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2019), dentre as 366 usinas a biomassa de cana-de-açúcar em operação, 220 comercializam bioeletricidade.

Apesar dos desafios técnicos e mercadológicos para a utilização de bagaço e palha, o Plano Decenal de Energia para 2029, prevê um crescimento considerável na produção de biogás a partir de resíduos do setor sucroalcooleiro, considerando principalmente vinhaça e torta de filtro. Nesta projeção estima-se uma geração de 7,2 bilhões de Nm³ de biogás em 2029, o que representaria 3,9 bilhões de biometano.

Para se alcançar os valores projetados em 2029, realizou-se uma projeção anual de crescimento de novas plantas de biogás, estimando que pelo menos 200 usinas de processamento de cana-de-açúcar passem a produzir biogás em seus processos até 2029, visando alcançar a produção estabelecida pelo PDE 2029. A Figura 2, representa o número de unidades novas e existentes para cada ano, assim como o crescimento na produção de biogás.

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

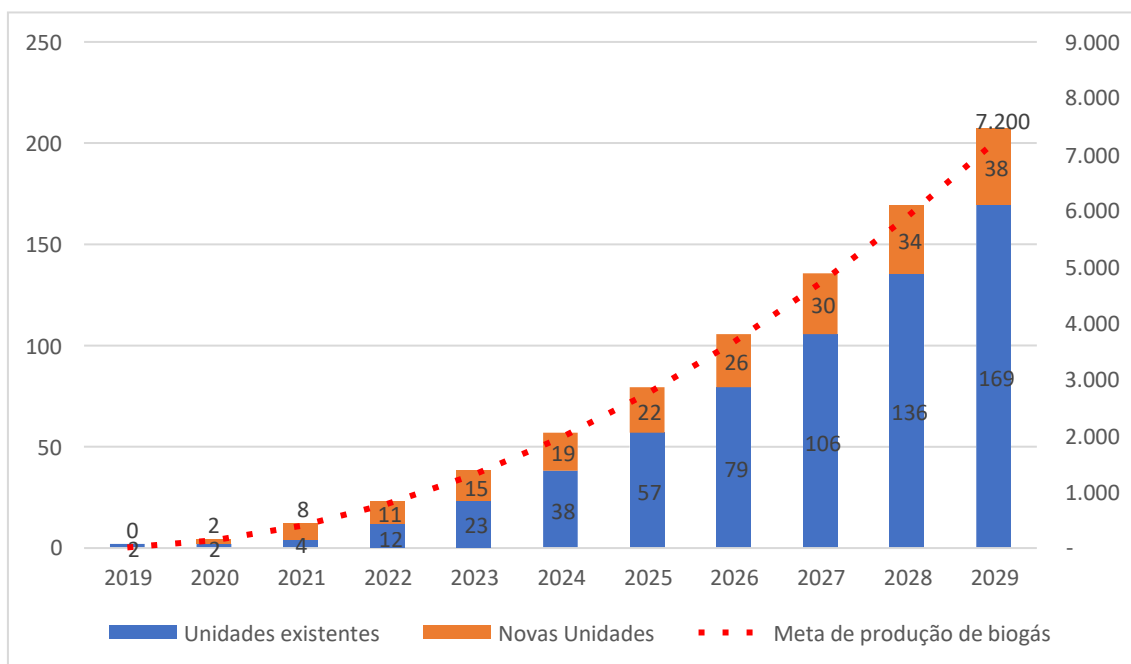


Figura 2. Projeção de crescimento de usinas e biogás até 2029.

Como atualmente são apenas 4 usinas, até 2029 seriam necessárias 196 novas unidades realizando o aproveitamento do biogás. A inclusão de biodigestores nestas unidades permitiria incrementar a receita com energia, neste caso, alguns arranjos tecnológicos são possíveis. O primeiro está vinculado a usinas que utilizam bagaço como matéria-prima para geração de energia (através da queima), uma alternativa é a usina passar a agregar a torta de filtro e a vinhaça na produção de biogás e posteriormente gerar energia elétrica, com isso, passa a ser caracterizada na modalidade de usinas híbridas (utilizando bagaço na queima e vinhaça e torta de filtro na biodigestão e produção de biogás).

Uma segunda possibilidade seria avaliar arranjos considerando codigestão com todos os resíduos prontamente disponíveis (bagaço + torta + vinhaça), ou ainda (bagaço + palha + torta + vinhaça). Com isso, seria possível obter um incremento na energia elétrica gerada para consumo e/ou comercialização, agregando receita adicional para essas plantas.

Vale ressaltar que o biogás pode ainda, ser submetido a um processo de purificação, onde são removidos gases como CO₂ e outros contaminantes, dando origem ao biometano, gás com características análogas ao gás natural, que pode ser aplicado para geração de energia elétrica, térmica e principalmente

como combustível para mobilidade, deslocando a demanda de diesel da frota cativa da usina ou permitindo ainda sua comercialização. Esta alternativa torna-se muito atrativa frente ao alto consumo de diesel em usinas sucroalcooleiras.

Para esta última opção, o Brasil estabeleceu uma Política Nacional de Biocombustíveis - RenovaBio, para incentivar a produção de todos os biocombustíveis inclusive o biometano. A política, busca ampliar a eficiência produtiva e garantir aos consumidores preço, qualidade e oferta dos produtos, sinalizando de forma latente o impacto positivo que pode causar a unidades como usinas de cana, que venham a produzir e comercializar o biometano em suas unidades.

5. Política Nacional de Biocombustíveis - RENOVBIO

O principal instrumento do RenovaBio é o Crédito de Descarbonização (CBIO), um ativo negociável em bolsa que é equivalente a uma tonelada de dióxido de carbono evitada. Cada unidade produtora certificada pelo programa possui uma Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) que permite calcular o fator de emissão de CBIOS. Este fator expressa o número CBIOS que podem ser emitidos, a partir do volume de biocombustível produzido e comercializado.

EXEMPLIFICANDO:

No caso de uma usina que produz etanol e possui NEEA de 54,2 gCO₂eq/MJ com fator de emissão de CBIOS igual a 1,06E-03 tCO₂eq/L, podemos inferir que esta unidade precisará produzir 943 litros de etanol para emitir 1 CBIO.

Neste contexto, uma das estratégias que podem ser adotadas para otimizar a NEEA de uma usina de etanol, é a conversão da frota a diesel para biometano. A Figura 3 apresenta uma análise do impacto da substituição de diesel por biometano na NEEA, considerando uma usina com as configurações idênticas às citadas anteriormente.

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

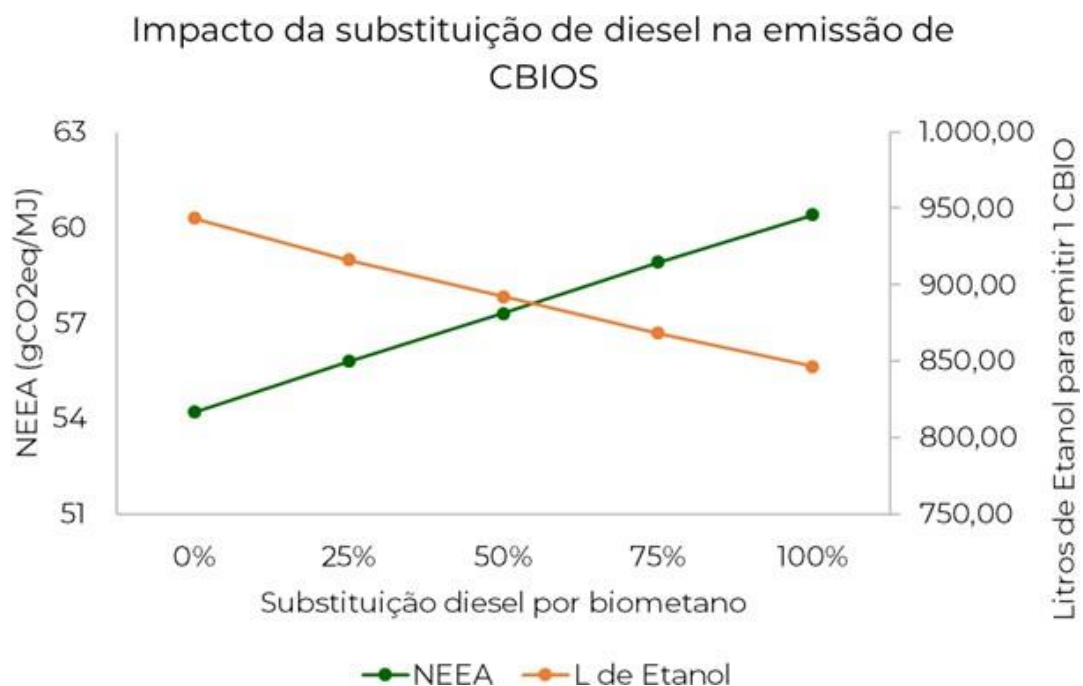


Figura 3. Impacto da substituição de diesel na emissão de CBIOS

Conforme expresso na Figura 3, a taxa de substituição de diesel por biometano impacta positivamente na NEEA. Caso a unidade opte por substituir 50% do diesel, a sua nota aumentaria para 57,3 gCO₂eq/MJ e o requisito de volume para emissão de 1 CBIO cairia para 892, uma redução de aproximadamente 51 litros de etanol. Em termos monetários, considerando um valor médio de negociação do CBIO igual a R\$ 50,00, o ganho em receita, apenas com este acréscimo no número de CBIOS, poderia ser de aproximadamente 102 mil reais por safra¹.

É importante destacar que esta análise considera apenas os benefícios relacionados com a conversão da frota própria, mas deve-se ressaltar que há a oportunidade de criar plantas de biometano exclusivas para produção e comercialização deste biocombustível, como será abordado a seguir.

EXEMPLIFICANDO:

No caso de uma usina anexa onde são processadas 3 milhões de toneladas de cana e se produz 163,6 mil m³ de etanol, são gerados 1,64 milhões

¹ Valor não considera a incidência de impostos.

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

de m³ de vinhaça e 90 mil toneladas de torta de filtro. O respectivo potencial de produção de biometano destes substratos é de aproximadamente 12 milhões de m³ de biometano por safra.

Considerando um cenário onde todo o biometano produzido a partir dos resíduos desta usina seja comercializado por meio dutoviário, a nota de eficiência energética desta unidade seria de 80,9 gCO₂eq/MJ e o volume mínimo requerido para emissão de 1 CBIO é igual a 378 m³ de biometano.

Desta forma, considerando o mesmo valor de negociação de CBIO utilizado anteriormente (R\$ 50,00), a receita adicional que poderia ser obtida a partir da comercialização dos CBIOs é de aproximadamente 1,6 milhões de reais por safra. Destaca-se que os valores de receita aqui estimados não consideram a incidência de impostos, pois as alíquotas ainda não foram definidas de forma definitiva.

A partir de ambos os cenários apresentados (substituição em frota própria ou comercialização) é possível verificar que os CBIOs são fonte de receita fundamental para o fomento do setor de biocombustíveis e podem ser fatores decisivos para viabilização de projetos.

Portanto, o RenovaBio se caracteriza como uma ferramenta fundamental para consolidação do mercado de biocombustíveis no Brasil, a qual, permitirá o aumento da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira, diversificando a oferta e conferindo maior previsibilidade para os investimentos nesta área, com isso vale mencionar que usinas sucroalcooleiras se destacam entre os futuros beneficiários.

6. Usinas de biogás

O biogás possui características que o definem como uma fonte versátil de energia, permitindo o estabelecimento de diferentes modelos de negócio. Neste capítulo serão apresentadas usinas sucroenergéticas que realizam o tratamento de efluentes e resíduos gerados a partir do processamento de cana e empreendem diferentes aplicações para o biogás.

6.1. Geo Energética

A usina de biogás pertencente à empresa Geo Energética foi pioneira na utilização de biogás obtido a partir de resíduos da cana, para geração de energia elétrica. A planta está instalada em terreno anexo à usina da cooperativa COOPCANA, no município de Tamboara-PR. A Figura 4 apresenta o fluxograma simplificado da unidade.

Nesta usina toda a vinhaça gerada é direcionada do processamento para o sistema de biodigestão, já o mesmo não acontece com os outros resíduos, pois uma parcela da palha e torta de filtro são armazenados em silos para posterior utilização na entressafra.

Destaca-se que esta unidade além de exportar energia elétrica para a rede da distribuidora desde 2012, no ano de 2018 iniciou a operação de um sistema de upgrade do biogás para biometano.

Figura 4. Fluxograma planta GEOENERGÉTICA.

Atualmente 4% do total de biogás produzido na unidade é direcionado para o sistema de refino, onde após esta etapa o mesmo é comprimido e armazenado em cilindros a 220 bar. O projeto futuro da empresa é distribuir este biometano a partir do modal rodoviário para abastecer um posto de GNV na cidade de Maringá-PR.

6.2. Biogás Bonfim

A usina de biogás pertencente à *joint venture* Raízen Geo Biogás, foi vencedora do leilão A-5 da ANEEL que ocorreu no ano de 2016, negociando a energia por 251 R\$/MWh. Destaca-se que a planta foi a primeira termelétrica que utiliza biogás como combustível a ser viabilizada no Ambiente de Contratação Regulado - ACR.

A planta possui potência instalada de aproximadamente 21 MW e é anexa à usina Bonfim, do grupo Raízen. Ela está localizada no município de Guariba-SP e utiliza como fonte de substrato vinhaça e torta de filtro.

A Figura 5 apresenta o fluxograma que descreve o arranjo tecnológico adotado para produção de energia elétrica a partir do biogás na unidade Bonfim. A planta é composta por silos de armazenamento de torta de filtro, reatores CSTR e de lagoa coberta, gasômetro, sistema de tratamento de biogás (dessulfurização biológica) e grupo de motores geradores.

Os silos de armazenamento de torta de filtro desempenham função essencial para a manutenção do processo de biodigestão, pois durante o período da entressafra não há vinhaça disponível, condição esta que exige que a produção de biogás neste período ocorra exclusivamente a partir do substrato armazenado.

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

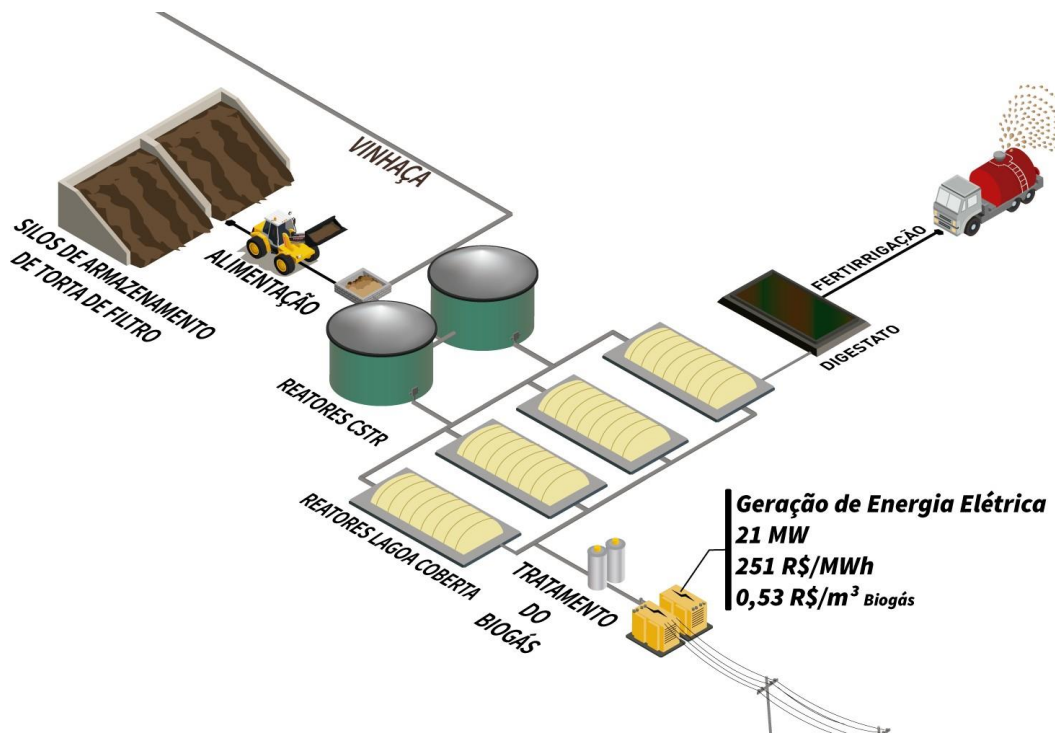


Figura 5. Fluxograma planta Biogás Bonfim.

A indisponibilidade de substrato implica diretamente em uma menor geração de energia durante a entressafra. A Figura 6 demonstra a variação sazonal no plano geração de energia da unidade.



Figura 6. Plano de geração - Biogás Bonfim

O impacto da sazonalidade da vinhaça na geração de energia, destaca a importância da logística de armazenamento de substratos para manutenção da continuidade do sistema.

6.3. Adecoagro/Methanum

Localizada no município de [Ivinhema-MS](#) esta unidade originou-se de uma parceria entre as empresas Adecoagro (proprietária da usina sucroalcooleira) e Methanum (desenvolvedora e fornecedora da tecnologia de biodigestão). O projeto opera desde 2018 e utiliza um arranjo inédito. A Figura 7, expressa o modelo adotado na unidade.

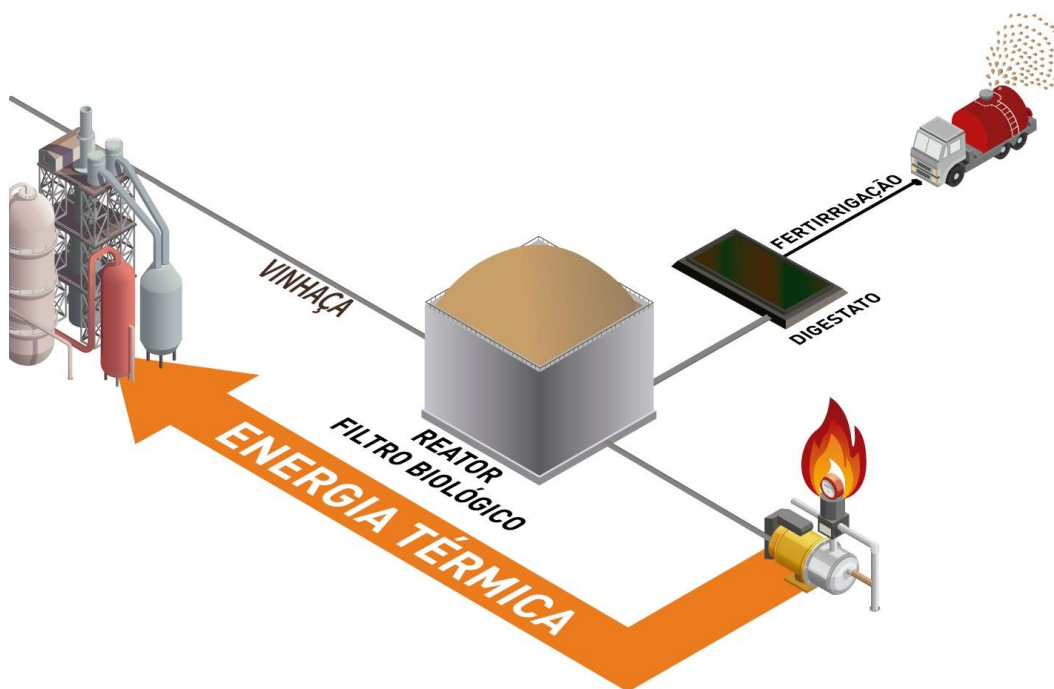


Figura 7: Fluxo planta Adecoagro.

De forma distinta dos demais arranjos aqui já apresentados, nesta unidade faz uso unicamente da vinhaça como substrato para produção de biogás. Além disso, a aplicação energética adotada nesta planta se diferencia das demais, uma vez que o biogás após ser tratado é utilizado como fonte de calor para o processo produtivo da própria usina.

7. Produção de biogás

Após analisar a dimensão e importância do setor sucroenergético no Brasil, e como os resíduos gerados a partir do processamento da cana podem impactar na produção de biogás, estruturou-se o capítulo a seguir, com informações do potencial de produção de biogás a partir da vinhaça, torta de filtro, bagaço de cana-de-açúcar e vinhaça de milho.

7.1. Determinação da produção de biogás

As determinações do potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros listados a seguir foram realizadas no Laboratório de Biogás do CIBiogás. As amostras foram coletadas em usinas açúcar e álcool nos estados do Paraná e São Paulo.

- Bagaço da cana-de-açúcar;
- Torta de filtro da cana-de-açúcar;
- Vinhaça de cana-de-açúcar e;
- Vinhaça de milho.

Foram realizadas as caracterizações quanto aos teores de sólidos (sólidos totais - ST, sólidos fixos - SF e sólidos voláteis - SV). Para os ensaios de ST, SV e SF foi utilizado método adaptado do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017) e determinação do potencial bioquímico de metano (PBM).

Os ensaios de PBM foram realizados de acordo com a norma VDI 4630 (2016) e DIN 38414 (1985) em batelada. A caracterização do biogás foi efetuada com uso dos analisadores de gás Dräger®, modelo X-am 7000 e/ou Geotech GA5000, a partir dos quais obteve-se a qualidade do biogás a partir da concentração de metano (CH₄).

As amostras foram submetidas a um sistema de biodigestão de bancada em condições ideais. Em comparação com os resultados obtidos em laboratório, a variação de produção de biogás em campo pode ser de 20% a 70% menor. Essa variação é baseada em dados históricos de monitoramento de plantas

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

produtoras de biogás acompanhadas pelo CIBiogás e varia de acordo com o arranjo técnico da planta.

7.2. Potencial de produção de biogás

Os resultados de potencial de produção de biogás consideraram substratos prontamente disponíveis em usinas de processamento de cana-de-açúcar e milho. Algumas usinas brasileiras têm se preparado para produzir etanol a partir do milho, por este motivo, esse substrato foi incluído nas análises.

A Tabela 1, expressa as características físico-químicas dos substratos bem como seu potencial de produção de biogás e metano.

Tabela 1: Características dos substratos gerado em usinas sucroalcooleiras.

Substrato	ST (g/kg)	SV (g/kgST) ¹	Produção de biogás (LN.kg/SV)	Metano (%)	Produção de biogás (Nm ³ /ton de substrato)	Produção de metano (Nm ³ /ton de substrato)
Bagaço de cana-açúcar	511	971,9	405	55	197,8	109
Torta de filtro	264,2	689,9	392	58	71,3	41,5
Vinhaça	28,9	692,2	586	59	11,2	6,6
Vinhaça de milho	54,3	941,8	732	62	37,2	23

¹ Base seca.

Devido à elevada umidade e ausência de lignina, a produção de biogás a partir da vinhaça é mais simples e rápida se comparada ao bagaço de cana e a torta de filtro e exclui a necessidade de um pré-tratamento complexo. Adicionalmente, a baixa concentração de sólidos permite a escolha de modelos de biodigestores mais simples e baratos, como lagoa coberta.

O comportamento das amostras em relação ao tempo, é uma informação importante ao se dimensionar uma planta de biogás, pois interfere diretamente no volume do biodigestor e no tempo de residência da matéria prima. Desta forma, para avaliar o desempenho diário na produção de biogás dos substratos

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

sucroalcooleiros, estruturou-se a Figura 8, onde é possível avaliar o comportamento das amostras em relação ao tempo necessário para se atingir o potencial máximo de produção.

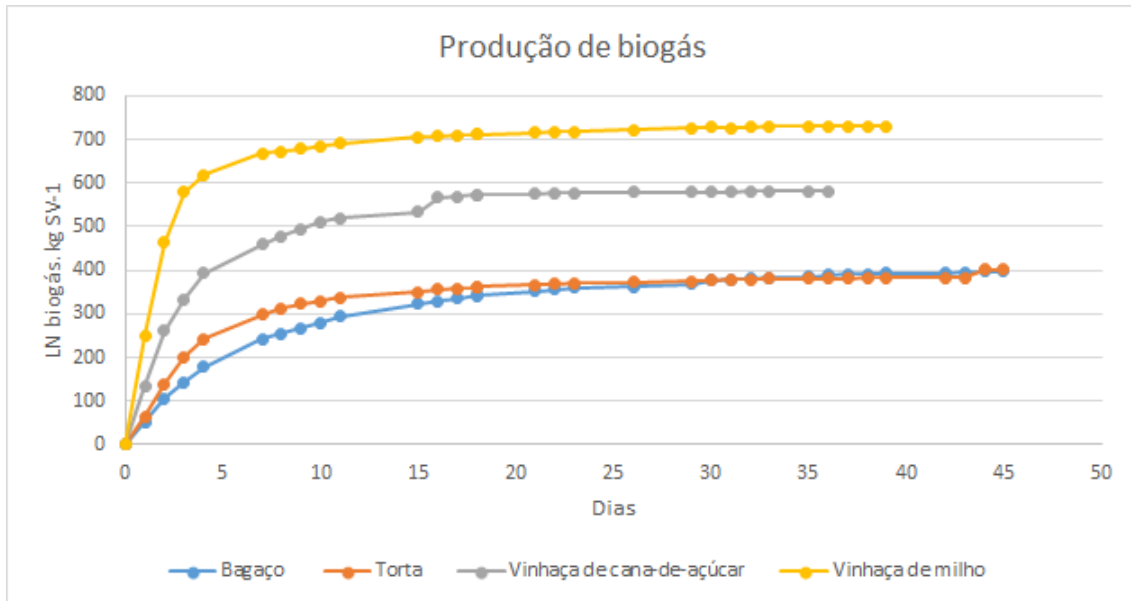


Figura 8. Produção por período e substrato

Percebe-se que para a torta de filtro e o bagaço de cana-de-açúcar é necessário um tempo mais longo para se atingir o potencial máximo de produção, e isto está relacionado às características lignocelulósicas destes materiais.

A presença de lignocelulose pode exigir pré-tratamentos específicos para o aproveitamento em biodigestores e esta necessidade pode impactar significativamente nos custos de investimento de plantas de biogás, podendo tornar o aproveitamento destes substratos menos interessantes sob o ponto de vista financeiro, uma vez que o bagaço, por exemplo pode ser aproveitado em caldeiras sem a necessidade de grandes aportes e ajustes tecnológicos.

Para avaliar a geração de resíduos e efluentes bem como a produção de biogás a partir de 1 tonelada de cana-de-açúcar, estruturou-se a Figura 9.

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros



* Fluxograma representa um sistema que destina cana 100% para etanol.

** Considerando densidade da vinhaça igual a 1,143 ton/m³.

***Os cálculos de produção de biogás consideraram o potencial máximo, em escala real o valor poderá sofrer variações de acordo com a rota tecnológica adotada.

Figura 9. Produção de biogás a partir do processamento de cana-de-açúcar.

Os resultados supracitados, foram obtidos considerando o rendimento médio da produção de etanol igual a 85 litros por tonelada de cana e geração de 10 litros de vinhaça para cada litro de combustível fabricado. Estimou-se que ao moer uma tonelada de cana-de-açúcar são obtidos 850 litros (ou 971 kg) de vinhaça, 30 kg de torta de filtro e 250 kg de bagaço de cana. O resultado é um potencial de 62,5 Nm³ de biogás para cada tonelada de cana-de-açúcar processada, o equivalente a 129 kWh ou 38,73 m³ de biometano.

Conforme mencionado anteriormente, no Brasil algumas usinas vêm apostando no processamento de milho, o que pode apoiar na produção de biogás, uma vez que os resultados da vinhaça de milho indicam expressivo potencial: 5,4% de sólidos totais, dos quais 94% são voláteis a uma taxa de produção de 732 litros de biogás por quilograma de sólido volátil.

A vinhaça de milho pode agir, portanto, para solucionar o problema da inanição do biodigestor durante a entressafra. Durante este período em que não

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

há colheita ou moagem de cana-de-açúcar, se utilizaria o milho para produzir etanol. O mesmo pode ser feito em dias de muita chuva.

A vinhaça de milho degrada-se e estabiliza-se mais rapidamente do que a vinhaça de cana, isso pode baixar o custo de um projeto pois um substrato que se decompõe mais rápido demanda um menor tempo de retenção hidráulica e por consequência menor volume de biodigestor.

A vinhaça de milho apresenta potencial para produção de biogás superior ao da vinhaça de cana com:

- i) 155% mais sólidos voláteis por tonelada,
- ii) taxa 25% maior de produção de biogás por sólidos voláteis,
- iii) 3% a mais de metano por Nm³ de biogás,
- iv) 250% mais metano produzido por tonelada de substrato

A Figura 10, representa o rendimento acumulado da produção de biogás a partir da vinhaça de milho.

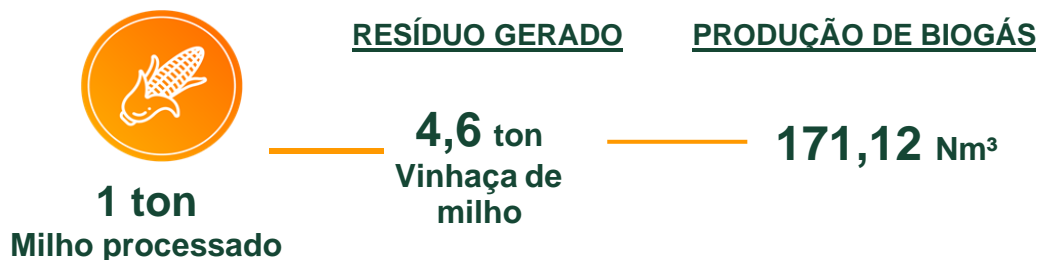


Figura 10. Produção de biogás a partir do processamento de milho para etanol.

Para cada tonelada de milho destinada à produção de etanol são geradas 4,6 toneladas de vinhaça. Este volume de resíduo pode gerar até 171 Nm³ de biogás, montante 2,7 vezes maior do que o produzido a partir de resíduos da cana e equivale a 353 kWh ou 118 m³ de biometano.

8. Desafios e oportunidades

A indústria sucroalcooleira apresenta potencial para se tornar uma das maiores produtoras de biogás e biometano do Brasil. Ela conta com diversos desafios e oportunidades, onde:

Oportunidades para as usinas:

- Reduzir custos com diesel;
- Diversificar portfólio de biocombustíveis;
- Emissão de Créditos de Descarbonização (CBIOs) pelo RenovaBio;
- Diminuir pegada ambiental;
- Aumentar a qualidade do biofertilizante;
- Reduzir custos com fertilizantes químicos;
- Reduzir proliferação de vetores no campo;
- Eliminar necessidade de compostagem da torta de filtro.

Desafios das usinas:

- Período entressafra pode prejudicar o reator por inanição;
- Reatores muito volumosos;
- A utilização do bagaço e palha como substrato para biodigestão.

9. Considerações finais

O potencial de produção de biogás e volume de resíduos de uma usina de álcool e açúcar é expressivo, contudo, o valor de mercado do bagaço e o custo de coleta e transporte da palha são fatores relevantes a se considerar em projetos de biogás, podendo limitar ou impedir a viabilidade econômica de uma planta de biogás. Além disso, ambos exigem complexo pré-tratamento.

Em projetos nacionais, a vinhaça vem sendo utilizada em codigestão com a torta de filtro. O volume de torta de filtro gerado é baixo, cerca de 30 kg por tonelada de cana processada, sua aplicação em *blends*, torna-se atrativa, por ser uma fonte de carbono para o sistema.

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

A expectativa de elevados volumes de biogás a partir da vinhaça e torta de filtro para os próximos anos é alto, considerando a efetiva operacionalização do RenovaBio, permitindo a comercialização de CBios, modelo bastante atraente para o setor sucroenergético.

É fundamental destacar o potencial da vinhaça de milho, que registrou 3,5 vezes mais metano por tonelada de substrato do que a vinhaça de cana-de-açúcar. A produção de etanol de milho pode reduzir o impacto no biodigestor no período de entressafra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADECOAGRO. **La caña de azúcar es el cultivo más eficiente en el mundo para la producción de azúcar, etanol y energía.** Disponível em <<http://www.adecoagro.com/azucar.html>> Acesso em 10.06.2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Banco de Informação de Geração - BIG. **Fontes utilizadas no Brasil - Fase: Operação.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>> . Acessado em 04.04.2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética - **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029** - Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2019

CIBIOGÁS. Nota Técnica: N° 002/2010 – **Panorama do Biogás no Brasil em 2019.** Foz do Iguaçu, Abril de 2020.

CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS (CIBIOGÁS). Low Carbon Business Action Brazil. Concept note #35. **MARKET, ECONOMIC AND FEASIBILITY STUDIES FOR BIOGAS PRODUCTION IN THE BRAZILIAN SUGAR CANE INDUSTRY.** EuropeAid/138337/DH/SER/BR. Foz do Iguaçu, 2019. E-book disponível em: <<https://materiais.cibio gas.org/ebook-case-fertigaz-market-intelligence>>. Acesso em 04/04/2020.

CTC/UNICA, Bioeletricidade – Programa, **RETROFIT & PALHA 2011-2015**, 2011.

ELBEHRI, A., SEGERSTEDT, A., LIU, P., 2013. Biofuels and the Sustainability Challenge: **A Global Assessment of Sustainability Issues, Trends and Policies for Biofuels and Related Feedstocks.** FAO, Rome, ISBN 978-92-5-107414-5.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis - Ano 2018.** Disponível online em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-402/An%C3%A1lise_de_Conjuntura_Ano%202018.pdf

Potencial de produção de biogás a partir de resíduos sucroalcooleiros

JANKE, L., LEITE, A., NIKOLAUSZ, M., SCHMIDT, T., LIEBETRAU, J., NELLES, M., STINNER W. **Biogás production from sugarcane waste: Assessment on kinetic challenges for process designing.** International Journal of Molecular Sciences. 2015.

União da Indústria de cana-de-açúcar - UNICA; Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia - ABRACEEL, Centro Nacional das Indústrias do Setor Sucroenergético e Biocombustíveis - CEISE Br; Associação da Indústria de Cogeração de Energia - COGEN. **A bioeletricidade da cana e o mercado livre de energia elétrica no Brasil.** 2019. Disponível em: <https://unica.com.br/wp-content/uploads/2019/06/A-Bioeletricidade-da-Cana-e-o-Mercado-Livre-de-Energia-Eletrica-no-Brasil.pdf>



ABiogás
Associação Brasileira do Biogás



CIBIOGAS
ENERGIAS RENOVÁVEIS



MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Biogás
BRASIL

