



Biogás
BRASIL

Biogás no Setor Cervejeiro

Nota Técnica



CIBIOGAS
ENERGIAS RENOVÁVEIS



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL



gef 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



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL



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 a licença Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License. Citações ao material deste documento devem ser da seguinte forma:

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL *et. al.* **Biogás no setor cervejeiro**: nota técnica. Brasília: MCTI, 2022. *E-book*. (Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira: GEF Biogás Brasil).

COMITÊ DIRETOR DO PROJETO

Fundo Global para o Meio Ambiente
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
Ministério do Desenvolvimento Regional
Centro Internacional de Energias Renováveis
Itaipu Binacional

PARCEIROS DO PROJETO

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
Associação Brasileira do Biogás
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FICHA TÉCNICA

Nome do produto:

Biogás no Setor Cervejeiro

Publicado pela(s) entidade(s):

Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

Entidade(s) diretamente envolvida(s):

Centro Internacional de Energias Renováveis Biogás – CIBiogás
Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA
Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Paraná – Sebrae/PR

Autoria e coautoria:

Alessandra Freddo – CIBiogás
Daiana Gotardo Martinez – UNIDO | CIBiogás
Janine Padilha Botton – UNILA
Karina Navarro - CIBiogás
Leonardo Pereira Lins – CIBiogás | UNILA
Marcia Cassitas Hino - CIBiogás

Revisão técnica:

Daniele Martins Machado – Sebrae/PR
Emerson Ribeiro Lourenço – Sebrae/PR
Joel Franzim – Sebrae/PR
Ricardo Muller – UNIDO | CIBiogás

Coordenação:

Felipe Souza Marques

Editores:

Nicole Mattiello

Data da publicação: Julho/2022

O68s Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial.

Biogás no setor cervejeiro: nota técnica / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial ; Universidade Federal da Integração Latino – Americana ; Serviço Brasileiro de Apoio Às Micro e Pequenas Empresas do Paraná ; Comitê diretor do projeto Centro Internacional de Energias Renováveis. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022.

29 p.: il. – (GEF Biogás Brasil)

ISBN: 978-65-87432-51-9

1. Biogás – Setor cervejeiro – Brasil. 2. Biogás – Cervejaria – Brasil. I. Freddo, Alessandra. II. Martinez, Daiana Gotardo. III. Navarro, Karina. IV. Lins, Leonardo Pereira. V. Hino, Marcia. VI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. VII. UNIDO. VIII. Centro Internacional de Energias Renováveis. IX. CIBiogás. X. Universidade Federal da Integração Latino – Americana. XI. UNILA. XII. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Paraná. XIII. Sebrae. XIV. Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira. XV. Título. XVI. 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.

Sumário

Resumo/Abstract	6
Impactos	7
1. Introdução	7
2. Setor Cervejeiro	8
3. Biogás no setor cervejeiro	10
3.1. Fatores de conversão para produção de biogás	10
3.2. Potencial de produção de biogás das cervejarias sul brasileiras	12
3.3. Cases de cervejarias	16
3.3.1 Cervejaria em operação no Brasil	16
3.3.2 Cervejaria em operação na Áustria	17
4. Oportunidades e desafios para o setor	19
4.1. Oportunidades para as cervejarias	19
4.1.1 Recuperação de CO₂	19
4.1.2 Geração de energia térmica e/ou elétrica	19
4.1.3 Retorno financeiro com GLP	20
4.1.4 Integração de substrato e biogás	21
4.1.5 Redução da emissão de gases do efeito estufa	21
4.2 Desafios para as cervejarias	22
4.2.1 Assimetria de informações do setor	22
4.2.2 Utilização de tecnologias de baixo custo	22
5. Passo-a-passo para aproveitar o biogás em cervejarias	22
6. Considerações finais	23
Agradecimentos	24
Referências	25

Resumo/Abstract

PORTUGUÊS

A geração de resíduos cresce ao mesmo passo do desenvolvimento do setor cervejeiro. Diversos resíduos e efluentes gerados no processo de produção da cerveja podem ser utilizados para produção de biogás, entre eles: bagaço de malte, terra diatomácea, leveduras e efluentes industriais. O sul do Brasil possui um potencial de produção de biogás de 128,4 milhões Nm³/ano, porém, aproveita apenas 2% deste potencial. Este volume é baixo indicando que ainda existe uma ampla área de expansão e atuação. Além do metano, principal fonte de interesse no biogás, o dióxido de carbono pode ser caracterizado como um produto a ser utilizado em processos industriais de cerveja. Outras oportunidades podem ser exploradas nas cervejarias, como integração de biomassa e biogás, redução da emissão de gases do efeito estufa e redução do consumo de combustíveis fósseis. Para que o setor cresça a criação de mecanismos e disseminação de informações é fundamental, deste modo, instituições que atuem direta ou indiretamente possuem papel indispensável nesse processo.

Palavras-chave: cervejarias; energia; bagaço de malte; efluente industrial; biogás.

ENGLISH

The generation of residues grows at the same time as the development of the brewing sector. Several wastes and effluents generated in the production process can be used for biogas production, among them: malt bagasse, diatomaceous earth, yeast, and industrial effluents. Southern Brazil has a biogas production potential of 128 million Nm³/yea but takes advantage of only 2% of this potential, low volume, indicating a wide area of expansion and performance. Besides methane, the main source of interest in biogas, carbon dioxide can be characterized as a product to be used in industrial processes of beer. Other opportunities can be explored in breweries, such as integration of biomass and biogas, reduction of greenhouse gas emissions and reduction of fossil fuel consumption. For the sector to grow, the creation of mechanisms and dissemination of information is fundamental, thus, institutions that act directly or indirectly have an indispensable role in this process.

Keywords: breweries; energy; malt bagasse; industrial effluent; biogas.

Impactos

O número de cervejarias vem crescendo a cada ano no Brasil e em consonância a esse crescimento, tem-se o aumento no volume de resíduos e efluentes gerados. Com os resultados apresentados nesta publicação espera-se indicar, entre os substratos gerados a partir da fabricação da cerveja, quais podem ser utilizados na produção de biogás. Tal aplicabilidade tem elevado potencial para diferentes escalas e segmentos de cervejarias (micro, pequeno, médio e grande porte).

A partir dos resultados aqui apresentados fornecedores e investidores podem identificar regiões com vocações cervejeiras. Estas, as quais em caso de adoção de plantas de biogás, podem elevar a demanda de equipamentos e assistência técnica especializada local, desta forma, espera-se impactar com os resultados aqui apresentados, tanto o setor produtivo, quanto o de fornecimento.

Compreendendo a assimetria de informações como ponto fundamental para a ampliação de projetos de biogás nos mais variados segmentos do Brasil, espera-se com essa nota técnica, suprir o setor com fatores de conversão e orientações de como o biogás pode impactar enquanto fonte de receita em unidades cervejeiras. Seja tanto no suprimento da demanda por energia elétrica, térmica, biometano ou ainda no aproveitamento de outros produtos como o digestato e dióxido de carbono.

1. Introdução

O desenvolvimento industrial brasileiro, de forma geral, vem sofrendo grandes impactos não só em razão dos impasses de outros países, mas também em função da crise econômica que o país tem passado nos últimos anos. Contudo, o ramo cervejeiro apresenta grande avanço econômico no cenário nacional em todos os portes industriais, e encerrou o ano de 2019 com um crescimento de 36% em novas unidades registradas (em comparação ao ano de 2018), com um faturamento de R\$ 107 bilhões (MAPA, 2020).

A geração de resíduos cresce ao mesmo passo do desenvolvimento do setor cervejeiro. Segundo CervBrasil (2020) e dados do setor cervejeiro (G1, 2016), são necessários de 4,5 a 10 litros de água para cada litro de cerveja produzida. Biothane (2020) destaca que para cada litro de cerveja produzido são gerados de 2 a 6 litros de efluentes, além de outros resíduos como bagaço de malte e leveduras, evidenciando assim a importância em adotar um tratamento adequado para tais resíduos.

Uma das possíveis técnicas para o tratamento desses resíduos orgânicos é a Digestão Anaeróbia (DA)¹, que além de minimizar a carga poluidora de rejeitos, viabiliza a produção de biogás. Este é um combustível rico em metano, que pode ser utilizado como fonte energética na própria indústria contribuindo para o suprimento da demanda local e para a redução de custos operacionais.

Considerando a importância e o impacto do setor cervejeiro na agroindústria brasileira e a geração de resíduos, estruturou-se esta nota técnica, que tem o objetivo de apresentar a utilização atual do biogás, suas potencialidades, aplicações e um panorama das oportunidades e desafios para seu aproveitamento.

¹ Degradação da matéria orgânica em ambiente com a ausência de oxigênio.

2. Setor Cervejeiro

O número de cervejarias vem crescendo exponencialmente a cada ano. O setor representa 1,6% do PIB brasileiro e 14% da indústria de transformação nacional. Sua arrecadação atinge cerca de R\$ 21 bilhões por ano em impostos, sendo que a cada R\$1,00 investido no setor são gerados R\$ 2,50 na economia (CERVBRASIL, 2020).

Em 2019 foram registradas 320 novas unidades produtoras no país, totalizando 1.209 cervejarias (MAPA, 2020). Os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul detêm 39,4% do total de cervejarias do país. As regiões Sul e Sudeste lideram o *ranking* de unidades instaladas, nos estados da Região Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, operam 43% das cervejarias, o que evidencia a alta representatividade da região para o setor.

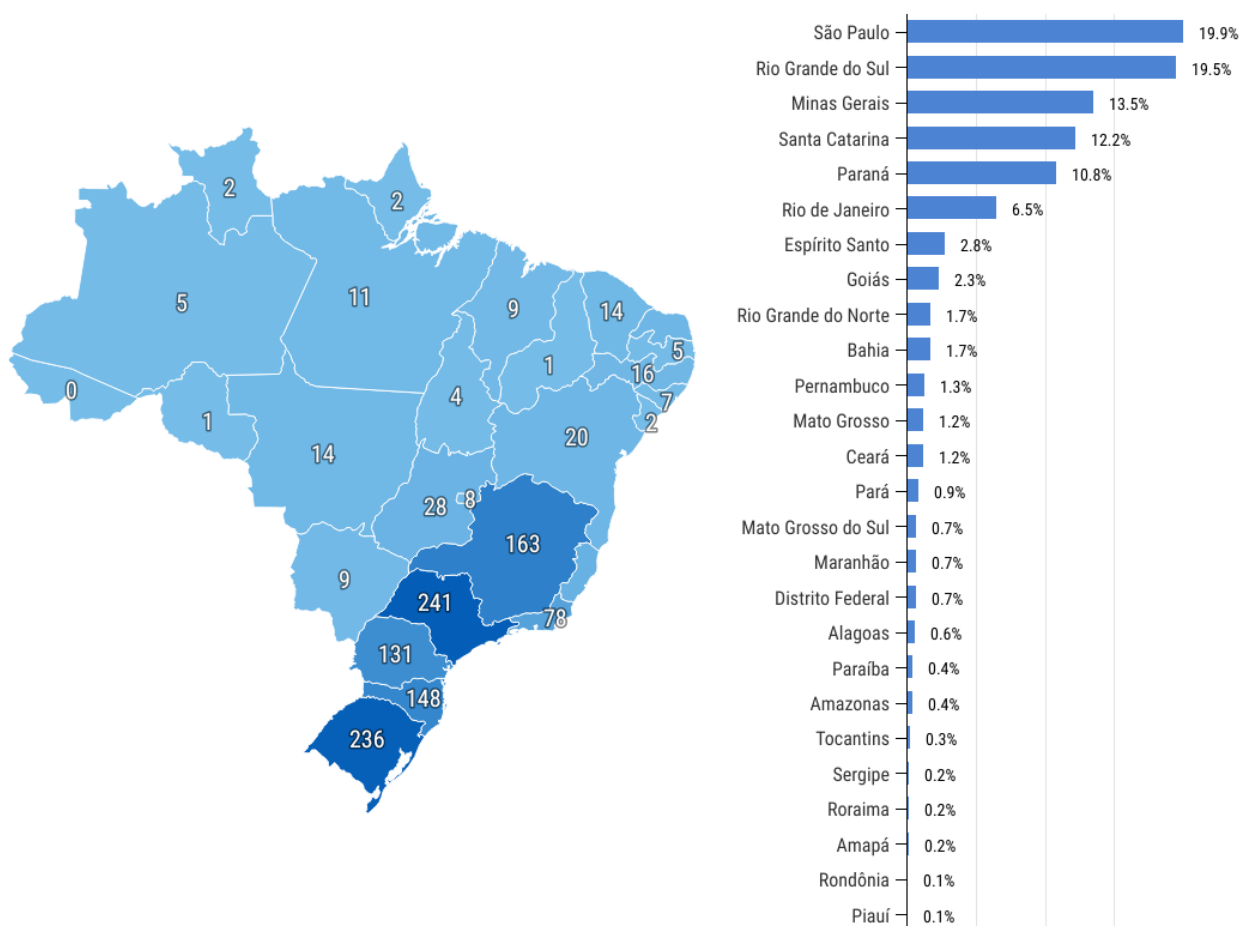


Figura 1: Distribuição geográfica das cervejarias no Brasil
Fonte: Adaptado de Mapa, 2020.

Em relação ao porte das unidades cervejeiras, apenas 2% produzem acima de 100.000 litros de cerveja por mês e aproximadamente 41% das unidades se concentram na escala de produção mensal entre 1.000 e 4.999 litros de cerveja (SEBRAE, 2019), ou seja, 69% das unidades cervejeiras do Brasil são de micro ou pequeno porte, com produção de até 9.999 litros por mês. O percentual completo de outras faixas de produção pode ser observado na Figura 2.

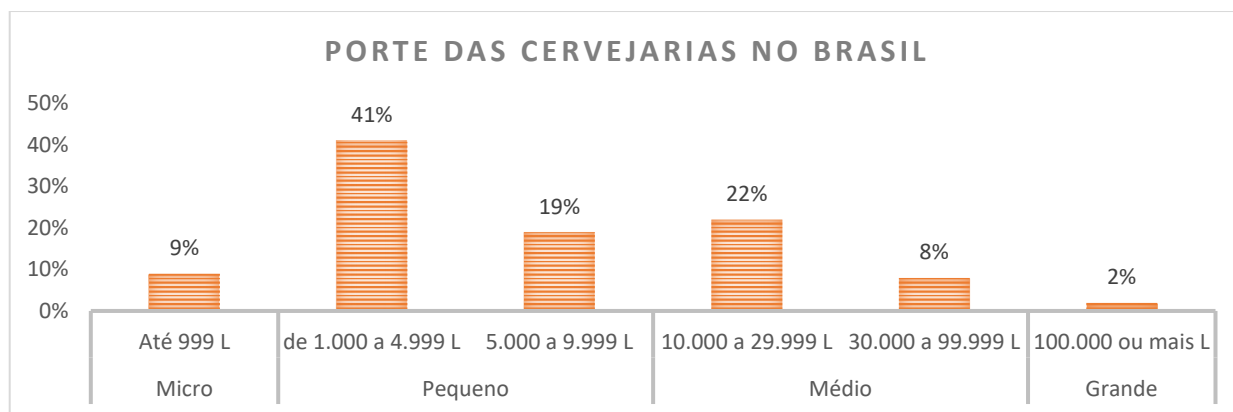


Figura 2: Distribuição por porte das cervejarias no Brasil
Fonte: Adaptado de Sebrae, 2019.

O cenário crescente do setor, aliado ao volume expressivo de efluentes gerados, evidenciam a grande oportunidade de aproveitamento energético dos resíduos. A presença de inúmeras cervejarias já instaladas por todo o território nacional, justifica a elaboração de modelos de negócios que atendam a todos os portes industriais, gerando valor para toda a cadeia produtiva cervejeira.

No processo industrial de produção da cerveja são gerados resíduos com alta degradabilidade e grande potencial de produção de biogás. Além do bagaço de malte, resultante da etapa inicial de preparo do mosto cervejeiro, outros resíduos também podem ser utilizados para produção de biogás, como a terra diatomácea, a levedura e os efluentes industriais. A Figura 3, detalha as etapas de produção de cerveja e aponta os resíduos gerados ao longo do processo.

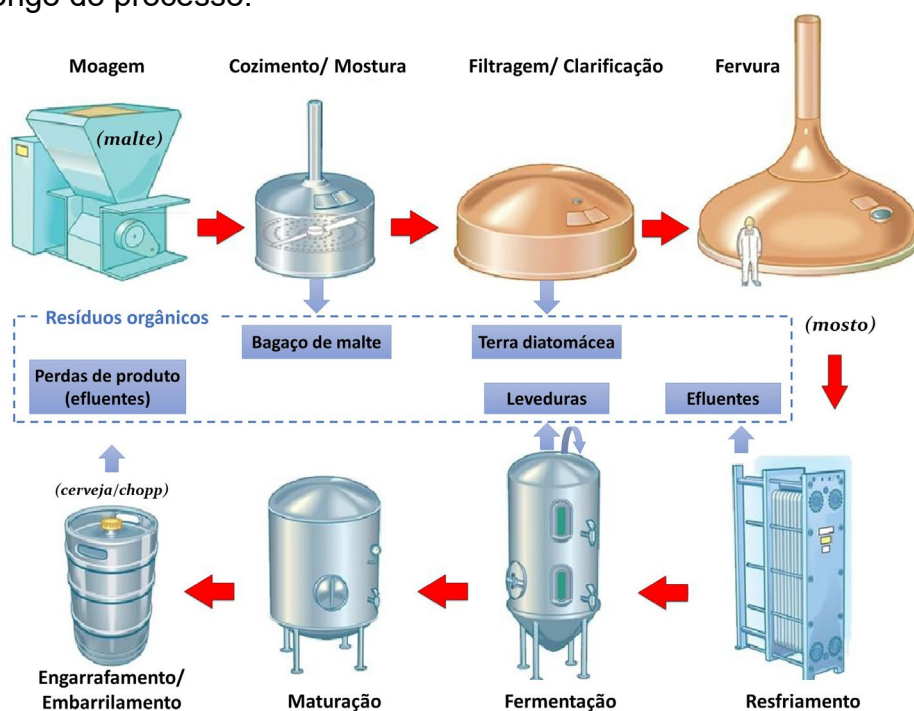


Figura 3: Etapas de produção da cerveja
Fonte: Adaptado de Veroneze, 2019.

Para a remoção de impurezas que ainda não decantaram e para a clarificação da cerveja, há uma etapa denominada de filtração da cerveja. Nessa etapa, além do uso de outros meios filtrantes, é utilizado um produto denominado terra diatomácea. A terra

diatomácea apresenta vida útil muito curta em razão da sua saturação com material orgânico (SANTOS, 2005; GOULART, et al., 2011, OLAJIRE, 2020).

Já as leveduras (outro resíduo gerado no processo de fabricação da cerveja) são microrganismos responsáveis pela fermentação do malte, onde há a conversão do mosto em álcool e dióxido de carbono (SANTOS, 2005). Ao final da primeira fermentação, toda levedura é retirada por meio de peneira oscilante, sucção, coletor cônico, decantação ou centrifugação. Parte dessa levedura é recuperada para uma nova fermentação e a outra parte pode ser comercializada para indústria da ração animal ou utilizada para produção de biogás (FILLAUDEAU, BLANPAIN-AVET e DAUFIN, 2006; OLAJIRE, 2020).

Os efluentes líquidos na indústria cervejeira são gerados principalmente por conta da necessidade de limpeza em equipamentos, pisos ou garrafas. Suas características estão relacionadas com o tipo de cerveja fabricada, tipo de levedura, qualidade dos processos de filtração e eficiência dos processos de limpeza de equipamentos (SANTOS, 2005).

A produção de cerveja requer grandes volumes de água e demanda alto consumo de energia elétrica, térmica e combustíveis fósseis. Neste sentido, o biogás surge como uma fonte atrativa na geração de ativos, possibilitando a redução de custos operacionais vinculados ao suprimento da demanda energética nas unidades de produção.

3. Biogás no setor cervejeiro

Resíduos e efluentes gerados a partir do processo produtivo da cerveja podem ser aproveitados como substrato visando a obtenção de biogás. Após conhecer alguns números importantes do setor cervejeiro e sua participação no cenário nacional, estruturou-se esta seção, com resultados a partir de análises laboratoriais para subsidiar unidades que queiram estimar seu potencial de produção.

Os valores aqui apresentados podem variar de 40 a 70% em plantas de escala real, em decorrência da variabilidade relacionada às características dos substratos, do manejo e da tecnologia de digestão utilizada. Por este motivo, a análise de substratos específicos para cada projeto deve ser considerada.

3.1. Fatores de conversão para produção de biogás

Com o objetivo de estimar sua produção teórica de biogás, foram realizados ensaios laboratoriais com bagaço de malte, levedura e terra diatomácea. A Tabela 1, expressa as características físico-químicas dos substratos e seu potencial de produção de biogás.

Tabela 1: Características físico-químicas dos substratos usados para produção de biogás e seus potenciais de produção em base seca.

Substrato	ST (g.kg ⁻¹)	SV ¹ (g.kgST ⁻¹)	Produção de biogás (LN.kgSV ⁻¹)	Metano (%)	Produção de biogás (Nm ³ .ton. substrato ⁻¹)	Produção de metano (Nm ³ .ton. substrato ⁻¹)
Levedura	271,2	972,9	563	64	148,5	94,7
Bagaço de malte	219,2	964,8	614	57	129,8	73,9
Terra diatomácea	409,6	131,1	873	63	46,9	29,6

ST - Sólidos totais; SV - Sólidos voláteis; ¹ Base seca; g – grama; kg – quilograma; LN – litros normalizados; ton – tonelada; Nm³ – normal metro cúbico.

Biogás no setor cervejeiro

Dentre as amostras analisadas, a levedura apresentou maior produção de biogás seguida pelo bagaço de malte, com uma diferença entre elas de aproximadamente 12% no volume de biogás e 21% no teor de metano. A terra diatomácea produziu cerca de 30% do volume gerado pela levedura, tanto para biogás quanto para metano. Esta diferença evidencia a maior biodegradabilidade da levedura, fator este que contribui na conversão da matéria orgânica em biogás.

O bagaço de malte, obtido no início da fabricação, é um dos principais subprodutos das cervejarias. Estima-se que cada hectolitro (100 litros) de cerveja produzida gere entre 14 e 20 kg de bagaço (CORDEIRO, EL-AOUAR, GUSMÃO, 2012). Este é constituído principalmente por cascas de cevada maltada, o bagaço de malte e apresenta elevados teores de fibras, sendo considerado um material lignocelulósico. Tal característica lhe confere maior resistência quanto ao seu aproveitamento na produção de biogás, sendo necessária a adoção de pré-tratamentos para elevar o rendimento de conversão.

Em decorrência dessa diversidade de substratos, adotar sistemas de codigestão² nas cervejarias torna-se uma alternativa atrativa e tecnicamente viável. A mistura destes substratos deve respeitar as condições operacionais dos biodigestores selecionados e o volume de material disponível. Adotar sistemas de codigestão permite que as taxas de sólidos totais sejam reduzidas (este fator está vinculado à tecnologia de biodigestão adotada), assim como contribui para um aproveitamento otimizado dos substratos e um índice maior de conversão em biogás.

A Figura 4 apresenta a geração de energia elétrica, térmica e biometano a partir de uma tonelada de bagaço de malte, levedura e terra diatomácea, exemplificando, assim, a conversão do substrato em energia.



*Energia térmica = queima direta

Figura 4: Esquema de geração de energia a partir de 1 tonelada de resíduo.

A energia gerada a partir dos substratos supracitados poderiam reduzir o consumo de energia elétrica na cervejaria, ou ainda diminuir o consumo de combustíveis fósseis como diesel, gasolina a partir da sua substituição pelo biometano. Considerando o biometano produzido a partir de 1 tonelada de levedura, bagaço de malte e terra diatomácea, e aplicando no setor de transporte, seria possível percorrer aproximadamente 2.400 km com um veículo leve³.

Algumas cervejarias do Brasil já aproveitam seus resíduos para produção de biogás em escala real. Segundo levantamento apresentado no Biogasmapp⁴, até 2019, seis cervejarias realizaram aproveitamento energético do biogás, das quais quatro utilizam o combustível para geração de energia elétrica e duas como fonte para aproveitamento

² Mistura de dois ou mais substratos no processo de biodigestão anaeróbia.

³ Veículo leve com uma autonomia de 12 km/m³

⁴ Biogasmapp - Ferramenta com o levantamento de plantas de biogás no Brasil <https://mapbiogas.cibiogas.org/>

térmico. Todas essas unidades estão concentradas nas regiões sul e sudeste e, juntas, produzem cerca de 6,8 milhões Nm³/ano de biogás ao ano.

Vale destacar que, das seis cervejarias em operação com produção de biogás, a primeira iniciou suas atividades de aproveitamento do biogás em 2014 e, as outras cinco iniciaram seu aproveitamento energético em 2019. Um fato que tem impulsionado novos projetos, como os do último ano, são as metas de redução das emissões de carbono das cervejarias, as quais podem ser atingidas com maior facilidade por meio do aproveitamento do biogás.

3.2. Potencial de produção de biogás das cervejarias sul brasileiras

Considerando o número de cervejarias no Sul do Brasil e o volume de efluentes e resíduos gerados, estimou-se o potencial de produção de biogás nesses estados, segregando os valores por porte das unidades cervejeiras. Para estimativa do potencial de biogás a partir do bagaço de malte foi utilizada a base de dados do CIBiogás (apresentada na seção 3.1 desta nota técnica) e, para o cálculo de biogás a partir do efluente de cervejaria, foi utilizada como base a pesquisa desenvolvida por Biothane (2020), a qual analisou efluentes de cervejarias instaladas nos Estados Unidos, Portugal e Letônia.

As cervejarias do sul do Brasil concentram um potencial de produção anual de biogás de 98,9 milhões Nm³, a partir do bagaço de malte e, 29,5 milhões Nm³, oriundo da digestão de efluentes, totalizando 128,4 milhões Nm³. As indústrias de grande porte são responsáveis por 96% de todo o potencial de produção e estão localizadas em regiões específicas nos estados sul brasileiros como se pode observar na Figura 5.

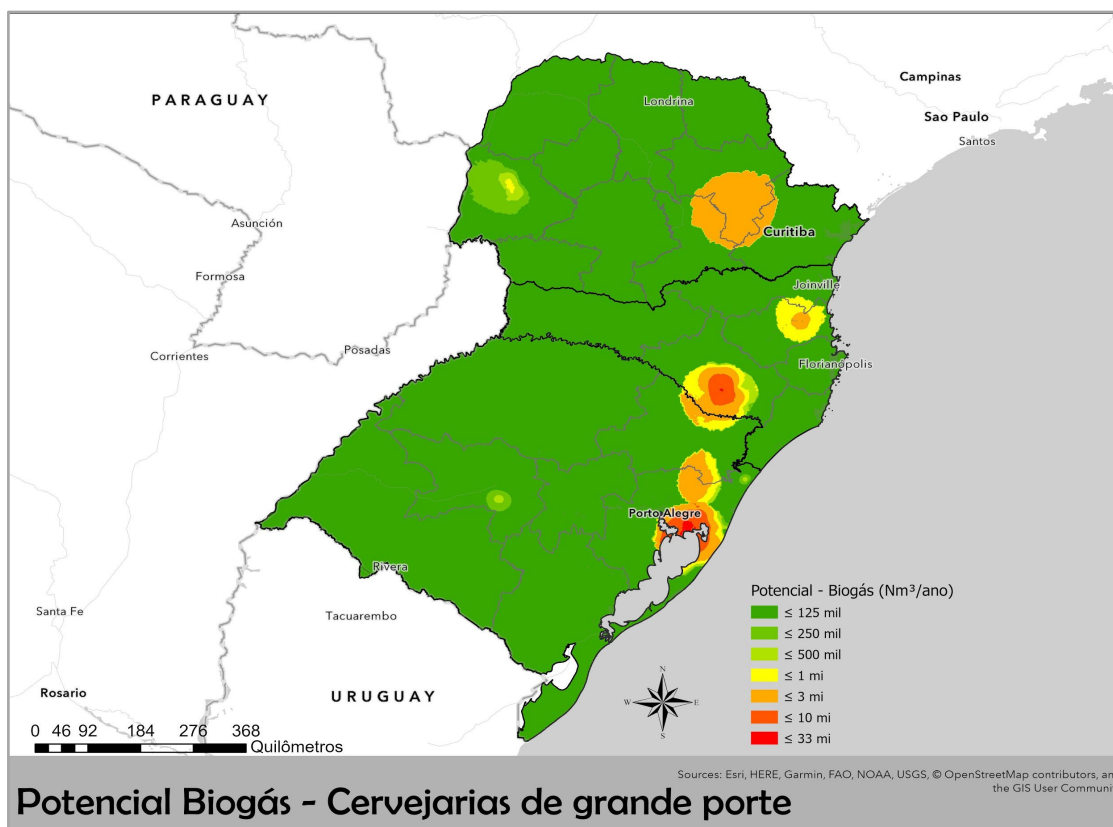


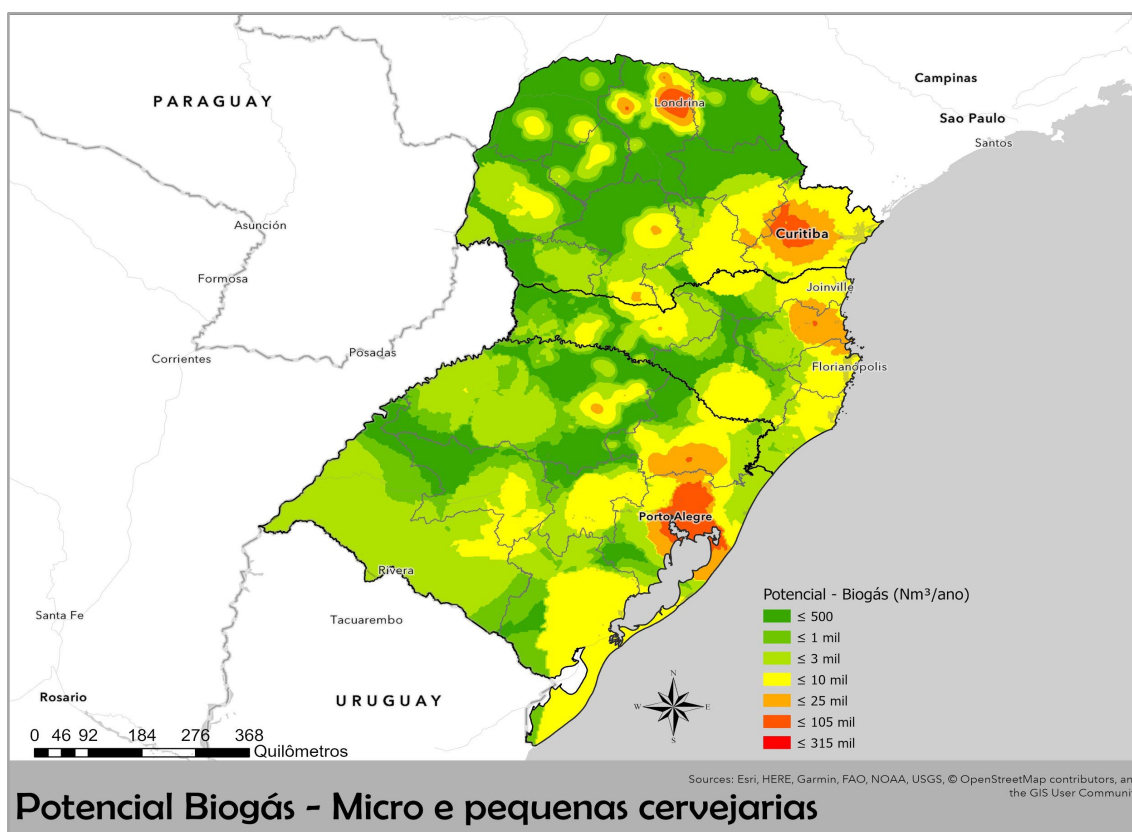
Figura 5: Mapa do potencial de produção de biogás em cervejarias de grande porte
Fonte: Elaboração própria.

Aproximadamente 43% do potencial de grandes unidades cervejeiras está concentrado no Rio Grande do Sul, mais especificamente na região metropolitana de Porto

Biogás no setor cervejeiro

Alegre. O estado do Paraná detém um potencial de 37,3 milhões Nm^3/ano de biogás, a partir dos resíduos gerados em cervejarias de grande porte, sendo que 89% do total estadual está concentrado na região centro oriental paranaense. Já, em Santa Catarina, o potencial de produção de biogás é de 32,5 milhões Nm^3/ano , do qual 51% estão localizados na região serrana e 41% na região do vale do Itajaí.

Considerando o número expressivo de unidades cervejeiras de micro e pequeno porte, elaborou-se a Figura 6, onde é destacado o potencial de biogás desta categoria. Os resultados indicam um volume de capacidade anual de 3,2 milhões Nm^3 de biogás a partir do bagaço de malte e 982,6 mil Nm^3 de biogás gerados a partir de efluentes, totalizando 4,1 milhões Nm^3 . O Rio Grande do Sul concentra 49% desse total, sendo 60% do potencial estadual alocado na região metropolitana de Porto Alegre.



Potencial Biogás - Micro e pequenas cervejarias

Figura 6: Mapa do potencial de produção de biogás em micro e pequenas cervejarias

Fonte: Elaboração própria

O estado do Paraná possui 36% do potencial de micro e pequenas cervejarias, sendo 38% do total estadual concentrado na região metropolitana de Curitiba e 33% na região norte central paranaense. Já, em Santa Catarina, o potencial de geração é de 1 milhão Nm^3/ano de biogás, com 37% do potencial estadual alocado na região do vale do Itajaí.

O sul do Brasil explora apenas 2% do potencial de produção de biogás, uma vez que seu potencial é de 128,4 milhões Nm^3/ano . A região sul brasileira é responsável pela produção de aproximada de 3 milhões Nm^3/ano . Este volume evidencia oportunidades de expansão deste setor.

Para estimar uma projeção de crescimento no uso de biogás na indústria cervejeira para os próximos 10 anos, elaborou-se uma análise, apresentada na Figura 7, considerando um cenário conservador de crescimento de 19% a.a. conforme apresentado no Anuário da Cerveja 2019 (MAPA, 2020).

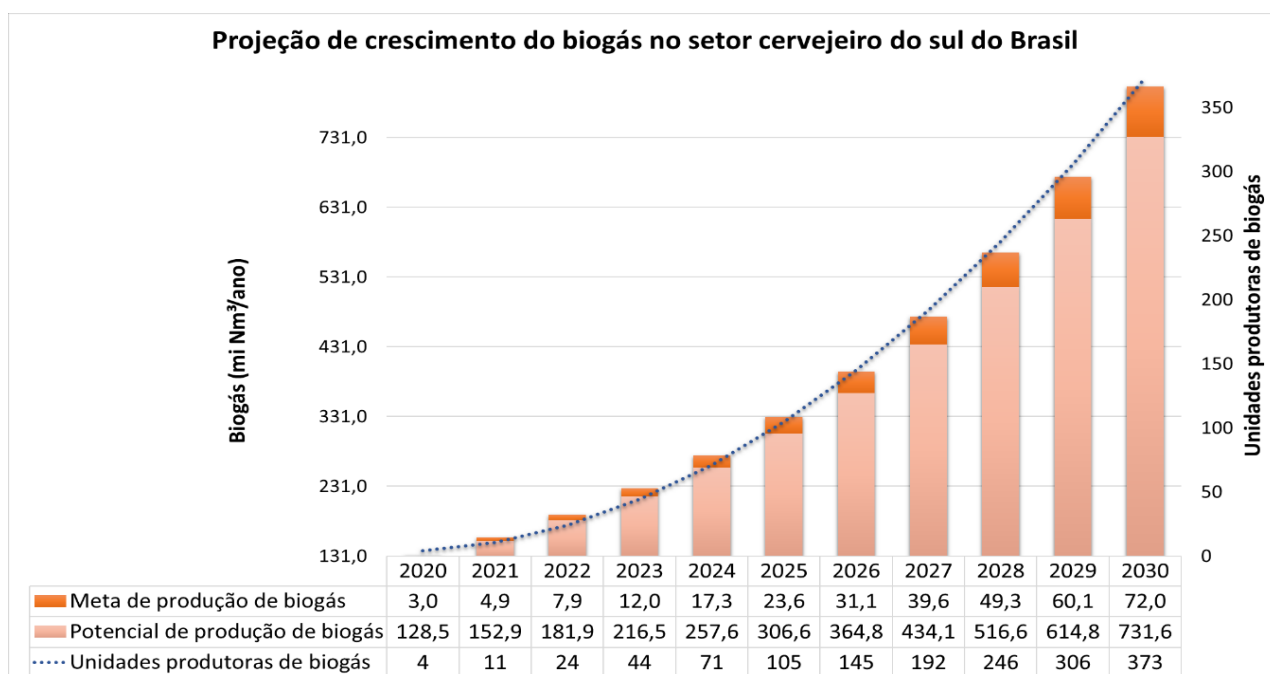


Figura 7: Projeção de crescimento de plantas de biogás no setor cervejeiro no Sul do Brasil

A projeção estima que o potencial de produção de biogás cresça, atingindo uma produção estimada de 731 milhões Nm^3 de biogás em 2030, acompanhando a tendência de expansão do mercado cervejeiro. Considera-se que cerca de 50% do potencial atual das cervejarias possa ser explorado até 2030 (72 milhões Nm^3/ano), e ocorra uma adesão de 60% das empresas atuais na produção de biogás por meio de maiores incentivos e oportunidades para o setor. É importante mencionar que, dentre as estratégias para o alcance deste potencial, está a inclusão de unidades de micro e pequeno porte, a partir de arranjos estruturados visando a integração de biomassa ou biogás. Essa participação é altamente relevante, assim como a ampliação do aproveitamento de outros produtos gerados na biodigestão, como o CO_2 e o digestato.

Como o biogás pode ser aproveitado e em quais etapas?

O biogás possui atributos que o diferenciam de outras fontes de energia, dentre eles destacam-se ser armazenável, despachável e não-intermitente, o que oportuniza sua aplicação no momento e formato de interesse do produtor. Tais características permitem que unidades cervejeiras façam uso do biogás para geração de energia elétrica e energia térmica. Além de energia, o biogás pode ser utilizado na forma de biometano, sendo possível explorar ainda o dióxido de carbono (CO_2) para os processos industriais de carbonatação como mostra a Figura 8.

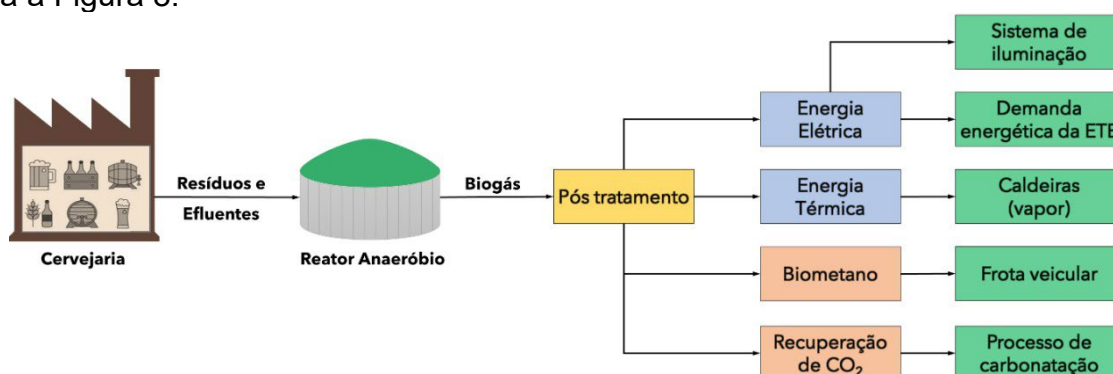


Figura 8: Aproveitamento do biogás em cervejarias

Considerando a utilização do bagaço de malte e efluente na produção de biogás, é possível gerar cerca de 5,78 kWh de energia elétrica por hectolitro (100 litros) de cerveja produzida, podendo suprir de 48% a 72% da energia elétrica utilizada⁵ no processo produtivo de uma cervejaria com este porte. Já, no que tange ao consumo de energia térmica, as cervejarias utilizam de 118 a 200 MJ/hL de cerveja produzida (SANTOS, 2005). Portanto, o uso do biogás é capaz de atender de 27 a 45% da demanda térmica do processo produtivo.

Além das aplicações térmicas e elétricas, o biogás pode ser também utilizado para a produção de biometano. No sul do Brasil, a indústria cervejeira possui potencial de produção de 74,4 milhões Nm³/ano de biometano, volume suficiente para substituir 64,7 milhões L/ano de diesel ou percorrer cerca de 156,3 milhões de quilômetros com um caminhão⁶ movido a biometano. O metano é o componente de maior interesse no biogás em função de seu poder calorífico.

O dióxido de carbono (CO₂) é um insumo que pode ser valorizado no biogás. O CO₂ é empregado em diversas etapas do processo produtivo da cerveja, sendo, no geral, usado em torno de 3,0 a 4,0 kg CO₂/hectolitro de mosto (SANTOS, 2012). A Figura 9, demonstra as regiões do sul do país e o volume potencial que pode ser recuperado de CO₂ entre os estados.

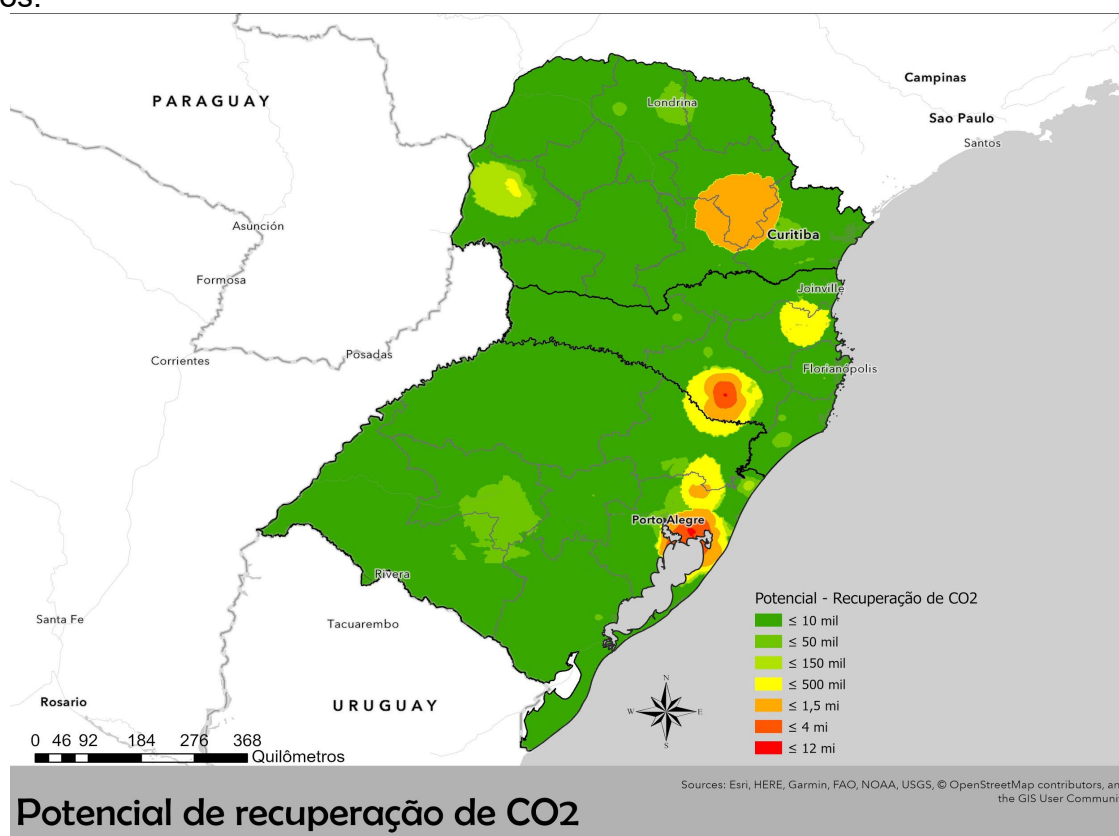


Figura 8: Mapa de potencial de recuperação de CO₂ no Sul do Brasil a partir de cervejarias.
Fonte: Elaboração própria

A indústria cervejeira do sul do Brasil pode recuperar, por ano, cerca de 47,8 milhões m³ de dióxido de carbono a partir da produção de biogás e gerar um faturamento adicional de, aproximadamente, R\$ 53 milhões com a sua comercialização⁷.

⁵ Consumo de energia elétrica de 8 a 12 kWh/hL de cerveja (SANTOS, 2005).

⁶ Caminhão com autonomia de 2,1 km/m³ de biogás

⁷ 1 m³ CO₂ (1 bar e 15°C) = 1,848 kg CO₂ | 1 kg CO₂ = R\$ 0,60 (Santos et al., 2012)

Atualmente, a utilização do CO₂ formado na fermentação do processo produtivo da cerveja é mais usual por demandar custos menores de investimento.

A obtenção de CO₂ do biogás é possível a partir da adição de um arranjo complementar à etapa de refino do biogás durante a produção de biometano. Este processo pode se tornar atrativo em plantas de grande porte, tornando o CO₂ um insumo para comercialização e/ou utilização própria. Cabe ressaltar a importância do desenvolvimento de tecnologias acessíveis ao setor para tornar este tipo de aplicação atrativa financeiramente.

3.3. Cases de cervejarias

As oportunidades de aplicação do biogás são diversas, variando de acordo com o porte da unidade, o volume de produção, os substratos disponíveis para consumo e a demanda energética. Para exemplificar a produção em plantas de escala comercial, esta seção apresenta dois cases de unidades em operação, uma situada no Brasil e outra no exterior, as quais utilizam diferentes substratos e realizam distintas aplicações.

3.3.1 Cervejaria em operação no Brasil

Porte da Unidade cervejeira: Grande porte

Volume de Produção de biogás: 120 m³/hora

Substrato: Efluente Industrial

Aplicação Energética: Geração de energia elétrica

As primeiras cervejarias do país a utilizarem biogás para produção de energia o fizeram por meio da conversão de efluente industrial da cervejaria. Dada a escala e o impacto ambiental de suas operações, tais companhias estabeleceram uma série de indicadores de sustentabilidade, sendo uma delas a redução das emissões de carbono ao longo de sua cadeia de valor.

Buscando melhorar o valor desse indicador, uma cervejaria situada no Sul do Brasil identificou, juntamente a uma *startup* que desenvolve soluções de geração de energia a partir de biogás e gás natural, a oportunidade de aproveitar o potencial energético do biogás gerado pelas Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) de sua unidade em sistemas de microturbinas. O fluxo do processo é apresentado na Figura 10.

Biogás no setor cervejeiro

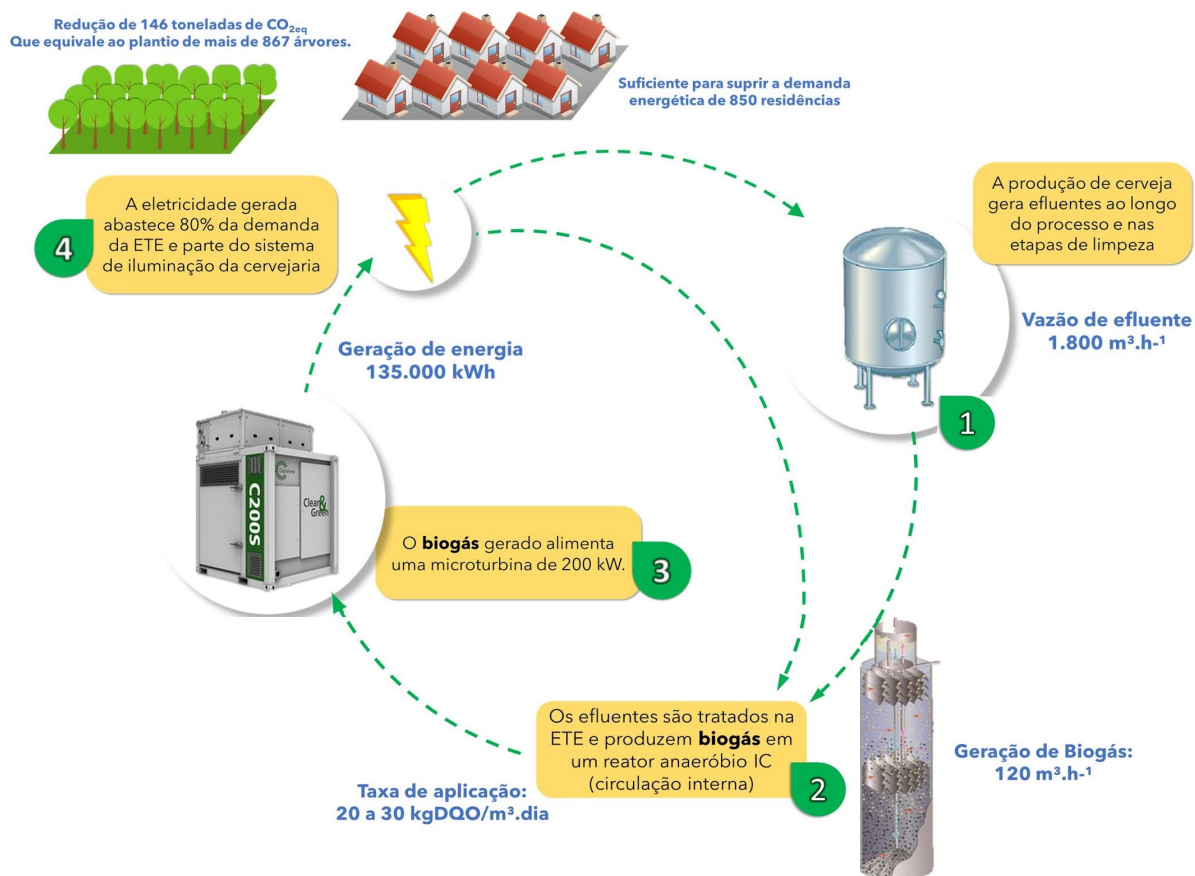


Figura 10: Fluxograma do aproveitamento de efluentes de cervejaria para produção de biogás
Fonte: Adaptado de Rogala, 2020.

Esta cervejaria utiliza os efluentes industriais gerados em seu processo para produzir aproximadamente 120 m³/hora de biogás, o qual é convertido em aproximadamente 135.000 kWh energia elétrica, que corresponde a 80% da demanda da estação de tratamento de esgoto.

O sistema de tratamento de efluentes industriais é um dos principais responsáveis pela emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) nas unidades produtoras de cerveja. Neste sentido, a geração de energia a partir do biogás torna-se atrativa e viável financeiramente. O biogás que antes era queimado passou a gerar eletricidade para a ETE e para o sistema de iluminação da unidade.

3.3.2 Cervejaria em operação na Áustria

Porte da Unidade cervejeira: Grande porte

Volume de Produção de biogás: 2,3 milhões m³/ano

Substrato: Bagaço de malte e outros resíduos

Aplicação Energética: Geração de energia elétrica e térmica.

Com o propósito de tornar o processo industrial de cerveja mais sustentável, cervejarias ao redor do mundo têm assumido o compromisso de alcançar a neutralidade de carbono em suas operações. Uma cervejaria austríaca, que produz anualmente 100 milhões de litros de cerveja e gera cerca de 20 kg de bagaço de malte por hectolitro (100 litros), produz em torno de 75 Nm³ CH₄ por tonelada de resíduo. A Figura 11 apresenta o aproveitamento do biogás no fluxo produtivo da cervejaria.

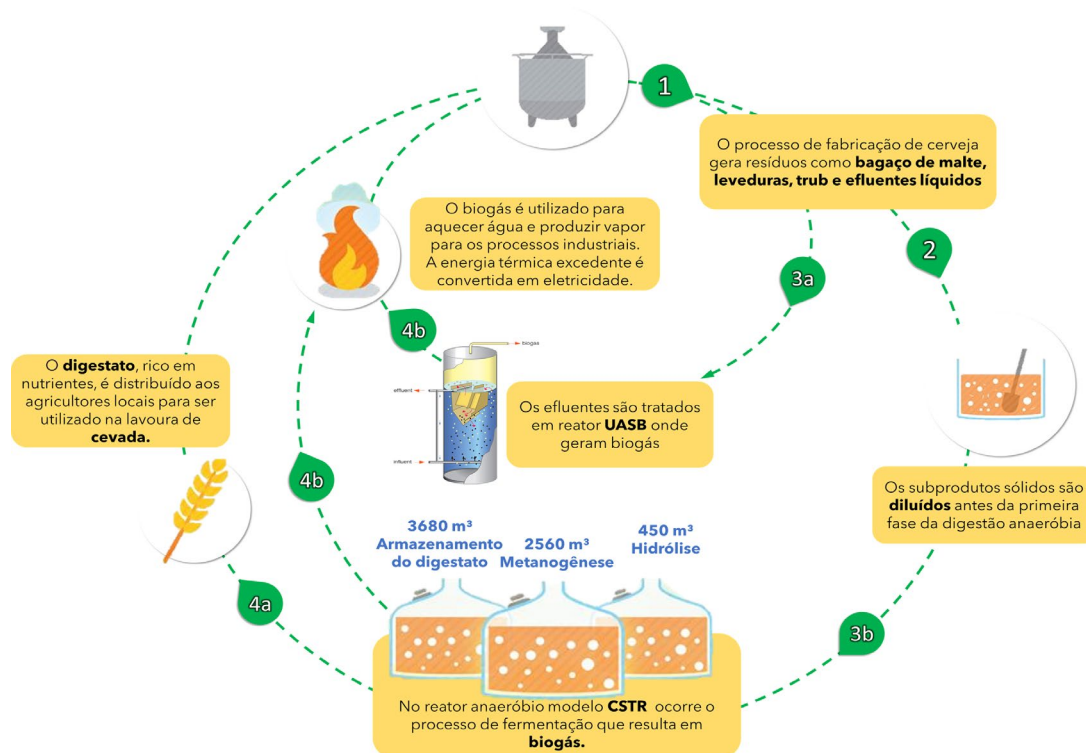


Figura 11: Fluxograma de aproveitamento de biogás em cervejaria Austríaca
Fonte: Adaptado de Scott, 2016.

O biogás produzido (2,3 milhões m³/ano) nesta unidade é aproveitado como fonte de energia térmica e seu excedente como energia elétrica, deslocando principalmente a demanda de lenha para o uso em sistemas de caldeiras, já o digestato é distribuído gratuitamente para agricultores utilizarem como condicionador de solos, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Entradas e saídas da planta de biogás da cervejaria austríaca

Entradas		Saídas	
		Biogás produzido	2,3 milhões m ³ /ano
		Biogás para queima direta	3,3 milhões kWh/ano
Bagaço de malte	13.621 t/ano	Eletricidade (CHP)	3,4 milhões kWh/ano
		Calor (CHP)	2,2 milhões kWh/ano

Como mostrado na tabela 2, 50% do calor utilizado para a fabricação de cerveja vem da usina de ciclo combinado (cogeração) a biogás, que utiliza bagaço de malte como substrato em reator anaeróbio de mistura completa (CSTR), reduzindo assim a demanda por gás natural. Outros 10% provêm do biogás gerado no sistema de tratamento de efluentes (reator UASB). Parte da demanda por eletricidade também é suprida nesse mesmo processo (*Combined Heat and Power - CHP*),

Os cases aqui apresentados demonstram que os resíduos e efluentes gerados em cervejarias já são aproveitados em unidades no Brasil e em outros países. Estes dados evidenciam a viabilidade do aproveitamento energético desta fonte para o segmento cervejeiro. É importante destacar que não apenas cervejarias de grande porte possuem tal

potencial. As micro e pequenas cervejarias podem realizar o aproveitamento do biogás. Isto pode ocorrer a partir da integração com outras unidades (transportando biomassa ou biogás por gasoduto) de modo a alcançar volumes de biogás superiores, ou por meio da geração individual visando o suprimento de demandas específicas, como energia térmica, por exemplo. Nenhum case para unidades deste porte foi identificado no Brasil, porém, modelos de negócios diversos podem ser criados para atender plantas de escalas menores, ou seja, muitas oportunidades podem ser criadas.

4. Oportunidades e desafios para o setor

O setor cervejeiro apresenta alto potencial de produção de biogás no Brasil, porém, esta oportunidade é pouco explorada em decorrência de desafios **técnicos e mercadológicos**. Abaixo foram listadas algumas das principais oportunidades e desafios que podem contribuir para o crescimento e mudança deste cenário.

4.1. Oportunidades para as cervejarias

4.1.1 Recuperação de CO₂

O CO₂ gerado na biodigestão pode ser utilizado no processo produtivo, assim como ser revertido em resultado financeiro. Considerando o potencial de CO₂ da região sul do país, o valor de receita gerado poderia chegar a R\$ 64 milhões em 2021 e R\$ 302 milhões em 2030.

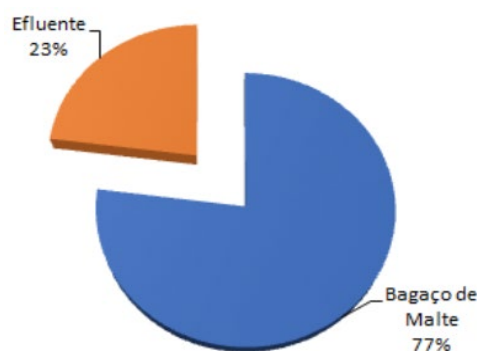


Figura 12. Recuperação de CO₂.

A maior fonte de CO₂ é oriunda da digestão do bagaço de malte, contudo, o efluente também apresenta números expressivos. A figura 12 demonstra que 77% da recuperação de CO₂ é proveniente do bagaço de malte, assim, caso a empresa resolvesse não aproveitar o efluente para a geração de biogás, já teria um ganho significativo.

4.1.2 Geração de energia térmica e/ou elétrica

O biogás pode ser convertido em energia térmica e em energia elétrica para uso na própria unidade cervejeira, suprimindo assim uma demanda já existente. A Figura 13 representa a análise do custo de energia elétrica evitada no setor, e leva em consideração três diferentes cenários:

- O cenário conservador apresenta menor adesão das cervejarias, iniciando com uma adesão de 2% no primeiro ano, e atingindo 40% até 2030;
- O cenário moderado é considerado o mais provável, e representa uma adesão inicial de 2% das cervejarias, atingindo 60% das cervejarias até 2030;
- O cenário otimista demonstra a predominância de fatores influenciadores positivos, com adesão de 3% no primeiro ano, alcançando uma adesão dos cervejeiros de 85% em até 10 anos.

Biogás no setor cervejeiro

A projeção não considera variação do preço da energia nos anos de análise, assumindo o valor de referência do preço médio da energia na região sul do país⁸, divulgado pela ANEEL.

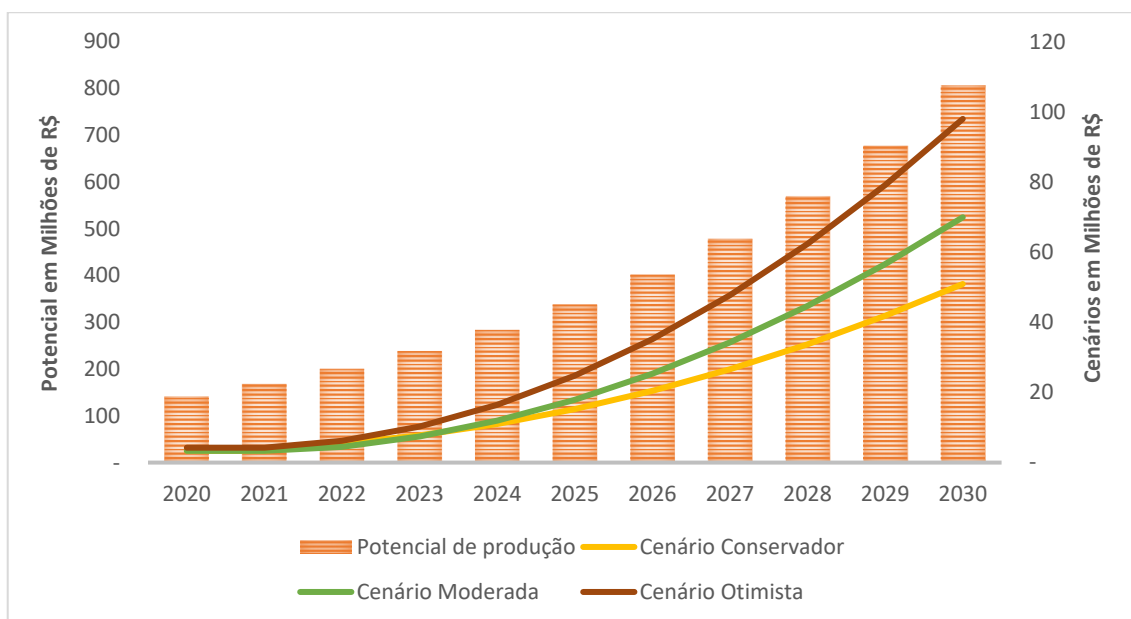


Figura 13. Projeção Monetização Energia Elétrica

De acordo com a projeção, o setor teria a oportunidade de reduzir seus custos de energia elétrica em até R\$ 6 milhões no ano de 2022, com um crescimento médio de 42% a. a., chegando a uma redução de R\$ 97,9 milhões em 2030. Na avaliação por cenário, o mais otimista em 10 anos geraria uma redução acumulada de R\$ 388 milhões, e o cenário mais provável, o moderado, uma redução de R\$ 279 milhões no mesmo período. Essa diferença entre a redução de custo potencial nos diferentes cenários evidencia a oportunidade imediata que este setor possui para exploração desses recursos, como forma de maximizar seus resultados.

4.1.3 Retorno financeiro com GLP

A geração e aproveitamento do biogás pode reduzir o custo de combustíveis para a cervejaria, como o GLP. A Figura 14 demonstra a economia de recursos que essa estratégia pode gerar. A avaliação dos cenários considera a monetização do volume de biogás em GLP e adota uma adesão de 40% das cervejarias no cenário conservador, 50% no cenário moderado e 60% no cenário otimista. A projeção não considera variação do preço⁹ do biocombustível nos anos de análise, assumindo o valor de referência médio na região sul do país, divulgado pela Associação Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

⁸ Valor do kWh médio da região sul = R\$ 0,531

Disponível em <https://www.aneel.gov.br/relatorio-ranking-tarifas>, acesso em 31/08/2020

⁹ Preço médio GLP na região sul em 07/2020 = R\$ 51,94, Unidade de medida = R\$ / 13 kg Informação disponível em <http://dados.gov.br/>

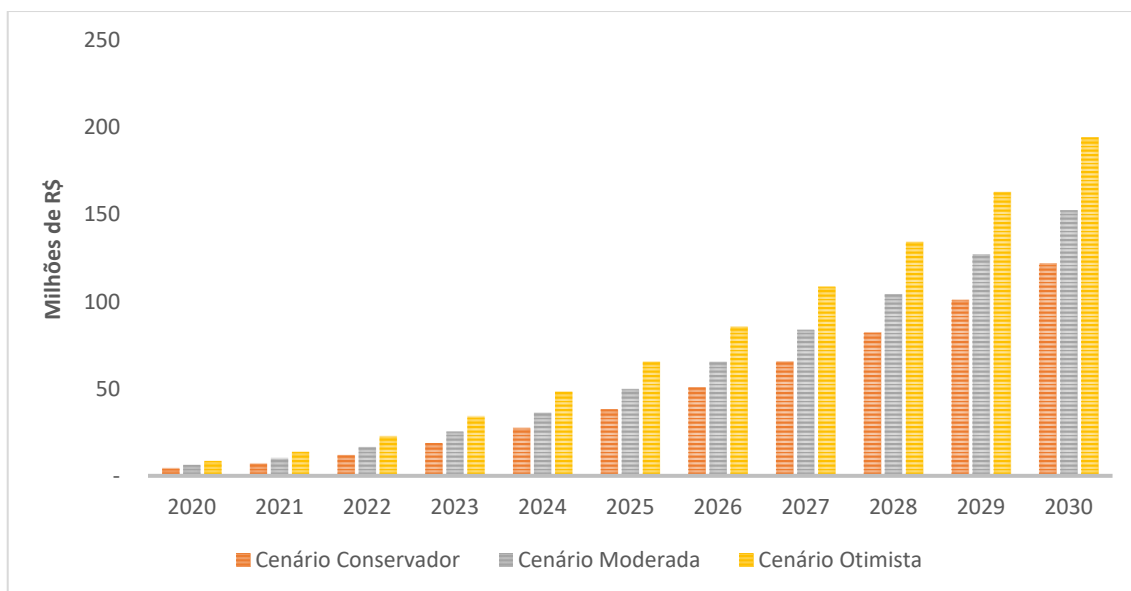


Figura 14. Análise Monetização GLP

De acordo com a projeção, se toda a estimativa de geração de biogás fosse convertida em biometano e utilizada nas próprias unidades geradoras, seria possível obter uma redução de custo de até R\$22,9 milhões em 2022, com crescimento médio de 34% a.a., alcançando valores de R\$194,2 milhões em 2030.

4.1.4 Integração de substrato e biogás

A integração de substratos dando origem a centrais de bioenergia (**transporte de biomassa**) ou a integração de biogás consolidando os condomínios de agroenergia (por meio de gasodutos – **transporte de biogás**), são modelos de negócios atrativos sob a ótica da viabilidade técnica e financeira. Tais modelos permitem a produção de um maior volume de biogás e tratamento de efluentes e resíduos.

Essa modalidade é considerada uma oportunidade envolvendo principalmente micro e pequenas cervejarias. O modelo prevê a integração de resíduos como o bagaço de malte, por exemplo, em uma central de bioenergia, que será responsável pelo tratamento e conversão do biogás, ou então, caso as cervejarias estejam situadas em um raio tecnicamente aceitável, é possível que cada uma realize a produção de biogás e o transporte até uma central para sua conversão energética centralizada.

4.1.5 Redução da emissão de gases do efeito estufa

O biogás é considerado uma fonte de energia com **pegada negativa de carbono**, em decorrência de sua produção ser realizada, de forma geral, a partir de resíduos e efluentes de diversos segmentos e processos produtivos. O tratamento de biomassa residual por meio da digestão anaeróbia e o aproveitamento energético do biogás contribuem com a **redução da emissão de gases do efeito estufa**.

Além do impacto ambiental oferecido por meio desta ação, unidades industriais podem se beneficiar com o marketing verde em decorrência da emissão evitada, e até mesmo buscar certificações relacionadas à **performance ambiental**, caracterizando os processos produtivos ambientalmente corretos. Tais oportunidades podem gerar conversões significativas e contribuir trazendo benefícios para a sustentabilidade econômica e ambiental.

4.2 Desafios para as cervejarias

4.2.1 Assimetria de informações do setor

A redução da assimetria de informações é um ponto fundamental para o desenvolvimento dos setores, e para o biogás não é diferente. **Informações disponíveis e organizadas** para diversos setores e segmentos oportunizam um esclarecimento sobre o ponto de vista técnico e financeiro para tomadores de decisão, pesquisadores, operadores entre outros profissionais envolvidos direta ou indiretamente no processo produtivo.

O aproveitamento do biogás para cervejarias ainda é um desafio para o setor sob o ponto de vista das informações. Iniciativas relacionadas a projetos de Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação (P&D+I), investidores entusiastas do biogás, eventos técnicos para o compartilhamento de informações, políticas públicas, são algumas das ações que podem contribuir para a redução desse gargalo.

4.2.2 Utilização de tecnologias de baixo custo

A recuperação de **Dióxido de Carbono** (CO₂) a partir do processo de refino do biometano é uma possibilidade, para cervejarias. Porém, para o aproveitamento deste potencial é necessário o desenvolvimento da cadeia de suprimento, com tecnologias que atendam a demanda técnica e níveis de investimentos compatíveis com a realidade do mercado brasileiro.

É importante destacar que a utilização de CO₂ não é realidade para plantas de micro e pequeno porte, operando individualmente, por mais que representem grande parte das cervejarias no Brasil. Isso se dá em decorrência dos **custos de investimentos** para a adoção destas tecnologias e volume de biogás, ou seja, em linhas gerais, têm-se aqui um desafio para cervejeiros que desejam realizar esse aproveitamento, e uma oportunidade para fornecedores que atuam nesse segmento.

5. Passo-a-passo para aproveitar o biogás em cervejarias

Neste capítulo serão apresentados de forma objetiva alguns passos para auxiliar na ação de cervejarias que tenham interesse em aproveitar os substratos disponíveis para produção de biogás. Os pontos mencionados na figura 15 não são regra, mas sim, uma orientação para implantar uma planta de biogás.

1. Identificar volume e substratos disponíveis na cervejaria;
2. Encaminhar amostras para ensaio laboratorial de determinação de potencial metanogênico (em caso de codigestão, consultar técnicos especializados para determinar proporções e avaliar o potencial da mistura);
3. Identificar demandas energéticas de interesse para substituição (energia elétrica, térmica, consumo de combustíveis para mobilidade como diesel, gasolina, etanol). Essa escolha faz parte da estratégia da cervejaria em reduzir seus custos em determinadas demandas energéticas.

4. Realizar uma visita em uma empresa que esteja convertendo o biogás para a demanda energética que você pretende adotar. As Associações de cervejeiros, Associações de biogás e biometano, Institutos de ciência, tecnologia e inovação, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae, entre outros podem te auxiliar nesse momento.
5. Realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica para determinação do modelo de negócio. Existem diversas tecnologias e fornecedores. Verifique a possibilidade de realizar de 2 a 3 estudos de viabilidade com tecnologias e fornecedores diferentes. Nesse ponto, é importante se atentar para a capacidade de geração contínua de substrato e o potencial do projeto analisado.
6. Definição da área para implantação da unidade. Sempre que possível, opte pela implantação na unidade que ocorrerá o uso do potencial energético, evitando assim, custos com o consumo descentralizado.
7. Licenciamento ambiental. Este é um ponto que merece atenção, pois pode demandar um tempo significativo para que a licença ambiental seja liberada.
8. Contratação de empresa especializada para execução do projeto. Antes da contratação, converse com empresas que já implementaram projetos e que sejam especializadas na execução. Verifique o cumprimento de custos, prazos e qualidade do que foi entregue. Se possível, mensure os custos de manutenção, *performance* dos equipamentos e a disponibilidade de treinamento para sua equipe que ficará responsável pela operação da planta.
9. Comissionamento, *startup* e monitoramento da planta.



Figura 15 - Passo-a passo

6. Considerações finais

As cervejarias são responsáveis por grandes emissões de gases de efeito estufa, fruto de alto consumo de combustíveis fósseis e da geração de resíduos e efluentes com elevada carga de poluição. O desafio atual exige novas medidas que levem à redução da pegada de carbono do setor, tornando o processo produtivo mais sustentável. Neste cenário, a digestão anaeróbia torna-se uma importante aliada, tanto no tratamento de resíduos e de efluentes, quanto na substituição de combustíveis não renováveis a partir do biogás.

A conversão energética desta fonte, pode contribuir significativamente na redução do consumo de combustíveis fósseis e apoiar na demanda energética das indústrias. Estima-se um custo evitado de R\$ 388 milhões caso todo o potencial de biogás seja aproveitado

Biogás no setor cervejeiro

para geração de energia elétrica em 10 anos ou aproximadamente R\$ 880 milhões na substituição de GLP até 2030.

Deste modo, a utilização da digestão anaeróbia de resíduos e de efluentes no setor cervejeiro torna-se promissora frente à oportunidade energética atrelada ao biogás e seus benefícios ambientais. É evidente que seu aproveitamento atual é baixo diante do potencial a ser explorado; decorrente, em grande parte, da falta de conhecimento e de informações relacionadas às possibilidades de produção e aplicação deste energético nos processos produtivos industriais. Este documento, por meio da discussão aqui fundamentada, atua exatamente na redução dessa lacuna.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio da Universidade de Integração Latino-Americana – UNILA e ao Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE/PR, pelo esforço empreendido na construção desta publicação. Assim como, a recepção e compartilhamento de dados pelas cervejarias localizadas na região dos campos gerais e Foz do Iguaçu - sua participação foi fundamental para construção e consolidação das informações aqui apresentadas.

Referências

AMBEV. **Cervejaria Ambev anuncia novas metas ambientais para 2025**. 2018 Disponível em: <<https://www.ambev.com.br/blog/categoria/gestao/cervejaria-ambev-anuncia-novas-metas-ambientais-para-2025/>> Acesso em agosto 2020.

BIOTHANE. **Biogas Production from Brewery Wastewater**. 6p., 2020. Disponível em: <<http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/3292,Article-Jorien-final.pdf>> Acesso em agosto 2020.

CERVBRASIL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. **Dados do setor cervejeiro nacional**. 2020. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/>. Acesso em abr. 2020.

CERVBRASIL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. **A indústria de cerveja na América Latina é muito focada na redução do consumo de água e energia**. 2020. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/a-industria-de-cerveja-na-america-latina-e-muito-focada-na-reducao-do-consumo-de-agua-e-energia/>. Acesso em abr. 2020.

CORDEIRO, L. G., EL-AOUAR, A. A., GUSMÃO, R. P. **Caracterização do bagaço de malte oriundo de cervejarias**. Revista de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 7, n. 3, p. 20–22, 2012.

G1 – PORTAL DE NOTÍCIAS DA GLOBO. **Saiba quantos litros de água são necessários para produzir um de cerveja**. 2016. Disponível em: <[MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário da cerveja – 2019**. Brasília, 2020.](http://g1.globo.com/especial-publicitario/somos-todos-cervejeiros/noticia/2016/11/saiba-quantos-litros-de-agua-sao-necessarios-para-produzir-um-de-cerveja.html#:~:text=E%20consome%2Dse%20muita%20%C3%A1gua,cada%20litro%20de%20cerveja%20produzida.>http://g1.globo.com/especial-publicitario/somos-todos-cervejeiros/noticia/2016/11/saiba-quantos-litros-de-agua-sao-necessarios-para-produzir-um-de-cerveja.html#:~:text=E%20consome%2Dse%20muita%20%C3%A1gua,cada%20litro%20de%20cerveja%20produzida.>> Acesso em agosto 2020.</p></div><div data-bbox=)

OLAJIRE, A. A. **The brewing industry and environmental challenges**. *Journal of Cleaner Production*, v. 256, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.003>>. Acesso em set. 2020.

ROGALA, F. **Ambev reduz emissão de 145 toneladas de CO2 em PG**. 2020. Disponível em: <<https://d.aredo.info/ponta-grossa/312747/ambev-reduz-emissao-de-145-toneladas-de-co2-em-pg>> Acesso em agosto 2020.

SANTOS, M. S. dos. **Cervejas e refrigerantes - Série P+L**. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/cervejas_refrigerantes.pdf>. Acesso em julho 2020.

SANTOS, D. F. L.; REBELATO, M. G.; RODRIGUES, A. M. Análise da viabilidade econômica de uma planta para captura de CO2 na indústria alcooleira. *Revista Gestão & Tecnologia*, Pedro Leopoldo, v. 12, n. 2, p. 64-88, jul./nov. 2012.

Biogás no setor cervejeiro

SCOTT, M. **Heineken shows its bottle on climate**. 2016. Disponível em: <<https://www.ethicalcorp.com/heineken-shows-its-bottle-climate>>. Acesso em agosto 2020.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **1º censo das cervejarias independentes brasileiras: perfil fabricação própria**. Brasília, 2019.

VERONEZE, M. L., **Avaliação da produção de biogás a partir de água residuária de cervejaria**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação de Engenharia em Energia na Agricultura). Cascavel, 2019.



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

