

RA

COMERCIALIZAÇÃO
DE SUBPRODUTOS
DE UMA PLANTA
DE BIOGÁS



RA

**COMERCIALIZAÇÃO
DE SUBPRODUTOS DE
UMA PLANTA DE BIOGÁS**

Coletânea de publicações do PROBIOGÁS
Série Aproveitamento Energético de Biogás
de Resíduos Sólidos Urbanos

1ª Edição
Ministério das Cidades
Brasília, 2015

República Federativa do Brasil

Presidenta da República

Dilma Vana Rousseff

Ministro das Cidades

Gilberto Kassab

Secretário Executivo do Ministério das Cidades

Elton Santa Fé Zacarias

Secretário Nacional de Saneamento Ambiental

Paulo Ferreira

Chefe de Gabinete

Gustavo Zarif Frayha

Diretor de Articulação Institucional

Ernani Ciríaco de Miranda

Diretor de Desenvolvimento e Cooperação Técnica

Manoel Renato Machado Filho

Diretor de Águas e Esgotos

Johnny Ferreira dos Santos

Apoio Técnico

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ).

Diretor Nacional: Wolf Michael Dio

Coordenador do Projeto: Wolfgang Roller

Informações legais

As idéias e opiniões expressas neste livro são dos autores e não refletem necessariamente a posição do Ministério das Cidades, da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou reprodução de todo ou partes (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que o projeto PROBIOGÁS seja citado como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito do Ministério das Cidades e da GIZ.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação [CIP]

Bibliotecário Responsável: Illy Guimarães B. Batista [CRB/DF 2498]

Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás.

Comercialização de subprodutos de uma planta de biogás / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ] ; autor, Heinz-Peter Schnicke. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015.

47 p. : il. – [Aproveitamento energético do biogás de resíduos agrosilvopastoris; 2]

ISBN 978-85-7958-054-3

Fertilizante orgânico sólido – aspectos mercadológicos – Concórdia [SC]. 2. Gás carbônico – aspectos mercadológicos – Concórdia [SC]. 3. Usina de biogás – Concórdia [SC]. 3. Resíduos agrosilvopastoris. 4. Energia – fontes alternativas. I. Ministério das Cidades. II. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ]. III. Schnicke, Heinz-Peter. IV. Título. V. Série.

CDD 665.776

CDU 662.767.2



Projeto Brasil – Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil

www.cidades.gov.br/probiogas

O Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS – é um projeto inovador, fruto da cooperação técnica entre o Governo Brasileiro, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, e o Governo Alemão, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Com o objetivo de contribuir para a ampliação do uso energético eficiente do biogás e, por conseguinte, para a redução de emissões de gases indutores do efeito estufa, o projeto conta com uma rede de parcerias nas esferas governamental, acadêmica e empresarial e possui vigência entre os anos de 2013 e 2017.

Para alcançar tais objetivos, o PROBIOGÁS desenvolve atividades em três linhas: (1) *condições-quadro*, atuando junto a órgãos governamentais em prol da melhoria das condições regulatórias relacionadas à produção de energia a partir do biogás; (2) *cooperação científica*, aproximando instituições de ensino e de pesquisa brasileiras entre si e das alemãs; e, (3) *cadeia de valor*, com o intuito de fomentar a indústria brasileira para produção nacional de tecnologia e de aproximar empresas brasileiras e alemãs para o intercâmbio de conhecimento. Além dessas atividades, o PROBIOGÁS busca capacitar profissionais brasileiros em diversos níveis, contemplando os atores que integram a cadeia de biogás e objetivando fortalecer o mercado de biogás no Brasil.

A realização da parceria Brasil-Alemanha possibilita a transferência do conhecimento e da experiência alemã sobre o aproveitamento do biogás gerado a partir do tratamento de efluentes e de resíduos, cuja expertise é reconhecida mundialmente. Neste contexto, o PROBIOGÁS assume papel relevante, indutor do desenvolvimento de tecnologias nacionais para o aproveitamento do biogás, possibilitando um retorno positivo para o setor saneamento básico no Brasil, em função do potencial de incremento na viabilidade técnica e econômica das plantas e instalações de tratamento de esgotos e de resíduos sólidos, a partir da geração de energia proveniente dos processos de biodegradação da fração orgânica.

Para melhor inserir o Projeto nas políticas nacionais foi criado um Comitê Gestor interministerial com a função de assegurar a integração entre as diversas áreas do Governo Federal com atuação no tema. O Comitê é formado pelos seguintes órgãos: Ministérios das Cidades, do Meio Ambiente, da Ciência, Tecnologia e Inovação, das Minas e Energia, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, assim como a GIZ.

Gilberto Kassab
Ministro das Cidades



Partners of  **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das Cidades



Coordenação do projeto PROBIOGÁS

Ernani Ciríaco de Miranda (Ministério das Cidades) e Wolfgang Roller (GIZ)

Publicado por

Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS (Projeto de Cooperação Técnica Bilateral entre a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades – SNSA/MCidades e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável – GIZ)

Contatos

SNSA/MCidades

Setor de Autarquias Sul, Quadra 01, Lote 01/06, Bloco H, Ed. Telemundi II
CEP: 70070-010, Brasília – DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2108-1000
www.cidades.gov.br

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501 – 15º andar Ed. Brasília Trade Center,
CEP: 70711-902, Brasília-DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2101-2170
www.giz.de/brasil

Expediente

Autores

Heinz-Peter Schnicke

Revisão

Hélinah Cardoso Moreira (GIZ), Luis Costa Jr. (GIZ), Roberta Knopki (GIZ)

Capa, projeto gráfico e diagramação

Estúdio Marujo

PREFÁCIO

A Lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico – Lei 11.445/2007 – estabelece que a prestação dos serviços terá a sustentabilidade econômico-financeira assegurada e, sob os aspectos técnicos, atenderá a requisitos que garantam a qualidade adequada. Por sua vez, a Lei que institui a política nacional de resíduos sólidos – Lei 12.305/2010 – estabelece a obrigatoriedade da coleta seletiva e determina que apenas os rejeitos devem ser encaminhados a aterros sanitários (regra que ficou conhecida no país como o “fim dos lixões”). Tais elementos reforçam o grande desafio, enfrentado pelo Brasil, de ampliar os níveis de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos.

O Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab –, aprovado em dezembro de 2013, com um horizonte de 20 anos, destaca que um dos princípios fundamentais da política de saneamento diz respeito à matriz tecnológica que orienta o planejamento e a política setorial. Segundo o Plansab, planejar o saneamento básico no país, com um olhar de longo prazo, necessariamente envolve a prospecção dos rumos tecnológicos que o setor pode e deve trilhar. Cabe à política de saneamento básico identificar tendências, nacionais e internacionais, segundo as quais a matriz tecnológica do saneamento vem se moldando, o que supõe também procurar enxergar novos conceitos, ainda que sejam antigas formulações em novas roupagens, ou novos desafios que pressionam no sentido de mudanças paradigmáticas. Neste sentido, temas como a sustentabilidade, a gestão integrada das águas urbanas, o saneamento ecológico e o combate às mudanças climáticas globais podem ser evocados como exemplos.

Neste contexto, o PROBIOGÁS é um instrumento de grande importância para a implementação do Plansab. O aproveitamento energético do biogás nos processos de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos, consagrado em diversos países, representa um pequeno esforço de modernização das instalações dos sistemas brasileiros com impactos altamente positivos na sustentabilidade econômico-financeira, na qualidade dos processos de tratamento e na melhoria do meio ambiente, contribuindo de forma efetiva para a redução dos gases de efeito estufa.

Espera-se que os resultados do PROBIOGÁS possibilitem a inserção do aproveitamento energético do biogás na pauta dos governos e prestadores de serviços de saneamento, de modo a fazer com que esta fonte renovável de energia seja utilizada em toda a sua potencialidade, dentro da realidade brasileira, contribuindo também para a geração distribuída de energia e a maior diversificação da matriz energética nacional.

Paulo Ferreira
**Secretário Nacional de
Saneamento Ambiental**

Wolfgang Roller
Coordenador PROBIOGÁS

APRESENTAÇÃO DA COLETÂNEA

A Coletânea de Publicações do PROBIOGÁS é uma relevante contribuição governamental aos profissionais brasileiros que atuam em diferentes setores da infraestrutura, energia renovável, inovação tecnológica e, em especial, no setor de saneamento. Essa coletânea é composta por cadernos técnicos que tratam do biogás como tema central.

A coletânea é dividida em quatro séries, cada uma agrupando um conjunto de publicações que contribuem para uma determinada área do conhecimento e/ou de atuação no tema.

BIOGÁS

A primeira série é intitulada **Desenvolvimento do Mercado de Biogás**, abreviada como **BIOGÁS**, composta por publicações que tratam de aspectos tecnológicos da geração e utilização do biogás, do processo de licenciamento ambiental de plantas e instalações, da comercialização de co-produtos de plantas de biogás, entre outros tópicos pertinentes à estruturação da cadeia produtiva e à consolidação de um mercado nacional.

RSU

A segunda série aborda a utilização energética do biogás gerado a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, questão extremamente atual no contexto técnico e institucional do saneamento ambiental brasileiro. Denominada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos** e abreviada simplesmente como **RSU**, esta série abordará, entre outros tópicos, a metodologia e tecnologia da metanização seca e estudos de viabilidade técnica e econômica.

ETE

A terceira série é chamada **Aproveitamento Energético de Biogás em Estações de Tratamento de Esgoto**, simbolizada pela sigla **ETE**, composta por publicações que tratam de aspectos técnicos, desde o projeto à operação, de estudos de viabilidade técnica e econômica, e de orientações para a licitação de sistemas de tratamento que contemplem o biogás.

RA

Finalmente, a quarta série abordará a utilização do biogás oriundo dos resíduos das atividades agrícolas, pecuárias e da agroindústria, que possuem um elevado potencial de aproveitamento no país. Intitulada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Agrosilvopastoris**, abreviada simplesmente como **RA**, as publicações versarão sobre os resíduos da suinocultura, comercialização de biofertilizante, entre outros tópicos.

Por oportuno, informamos que todas as Publicações da Coletânea estão disponíveis para download na página do Projeto PROBIOGÁS, hospedado no site da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades: www.cidades.gov.br/probiogas

SUMÁRIO

PARTE 1: COMERCIALIZAÇÃO DE FERTILIZANTES

11 1 APRESENTAÇÃO

12 2 FERTILIZANTE SÓLIDO

13 2.1. Composição e tratamentos do fertilizante sólido

14 3 DADOS DO MERCADO DE FERTILIZANTE SÓLIDO

15 3.1. Avaliação técnica para inserção do fertilizante orgânico no mercado

19 3.2. Legislação para os insumos orgânicos agrícolas

21 4 POSSIBILIDADES DE COMERCIALIZAÇÃO DO FERTILIZANTE SÓLIDO DE UMA USINA DE BIOGÁS

21 4.1. Copercampos: Produção de um fertilizante organomineral

22 4.2. Adubos Ferticel: Uso do fertilizante como matéria prima adicional à cama de frango

23 4.3. Buschel & Lepper – B&L: Aproveitamento do fertilizante na cultura de banana

25 5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

26 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PARTE 2: COMERCIALIZAÇÃO DE CO₂

29 1 INTRODUÇÃO

30 2. GÁS CARBÔNICO PROVINDO DO BIOGÁS

34 2.1. Sistemas de purificação do CO₂

37 3. DADOS DO MERCADO DE CO₂

40 4. INDÚSTRIAS FORNECEDORAS DE CO₂

44 5. DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES

45 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

47 ANEXO I

LISTA DE FIGURAS

PARTE 1: COMERCIALIZAÇÃO DE FERTILIZANTES

- 14 **1:** Diagrama do processo de obtenção do biofertilizante sólido
- 17 **2:** Fluxograma do sistema de secagem do composto
- 20 **3:** Participação dos estados e regiões na produção nacional
de cereais, leguminosas e oleoginosas

PARTE 2: COMERCIALIZAÇÃO DE CO₂

- 33 **1:** Alimentos embalados com atmosfera modificada
- 33 **2:** Ilustração esquemática do circuito de ar-condicionado
automotivo com utilização de CO₂
- 34 **3:** Sistema de compressão do CO₂
- 36 **4:** Processo de purificação do CO₂
- 38 **5:** Diagrama esquemático de um circuito de
ar-condicionado automotivo utilizando CO₂

LISTA DE TABELAS

PARTE 1: COMERCIALIZAÇÃO DE FERTILIZANTES

- | | |
|----|--|
| 13 | 1: Composição estimada do biofertilizante sólido de acordo com o estudo da Usina de Biogás de Concórdia |
| 13 | 2: Estimativa da composição química e eficiência agronômica do composto orgânico da usina de biogás em relação à cama de frango e fertilizantes disponíveis no mercado brasileiro |
| 17 | 3: Valor de mercado do fertilizante |
| 17 | 4: Teor de nutrientes disponíveis e valor do composto orgânico |

PARTE 2: COMERCIALIZAÇÃO DE CO₂

- | | |
|----|---|
| 30 | 1: Composição estimada do biogás de acordo com o substrato |
| 31 | 2: Sistemas de purificação do biogás |
| 35 | 3: Diferentes métodos e seus respectivos teores de pureza do CO ₂ |

APRESENTAÇÃO

A suinocultura, a avicultura, os frigoríficos e as indústrias de processamento de alimentos geram grandes quantidades de resíduos orgânicos, os quais podem ser aproveitados como substratos em uma usina para produção de biogás e consequente geração de energia elétrica, energia térmica, biometano e biofertilizante. Após o processo de fermentação dos substratos, o digestato normalmente é submetido a um processo de separação, resultando em uma porção de fertilizante líquido e outra de fertilizante sólido.

No município de Concórdia, oeste do estado de Santa Catarina, foi realizado um estudo considerando os resíduos orgânicos acima citados como substratos para uma usina de biogás local. Esse estudo foi desenvolvido pela Biogastec Energie (2013) com apoio de uma empresa de engenharia alemã - UTEC e um instituto de pesquisa da Alemanha - DBFZ e teve como objetivo de estudo o material digerido do processo da usina com maior ênfase para a produção de fertilizante líquido. Este estudo, por sua vez, foca no aproveitamento do fertilizante sólido, incluindo aspectos mercadológicos e utilizando como base dados obtidos no trabalho supracitado.

Devido às possibilidades de utilização em diferentes culturas e a demanda existente para este mercado, torna-se possível agregar mais receita para a usina de biogás, contribuindo para a atratividade do investimento. Dessa forma, se faz necessária uma pesquisa de mercado mais detalhada por se tratar de uma fonte diferenciada, atentando para as exigências do mercado e visando a inserção do fertilizante orgânico no mercado atacadista e/ou varejista.

Com o desenvolvimento da pesquisa proposta neste trabalho, a qual inclui consultas a especialistas, empresas do ramo e coleta de dados do mercado, será possível elaborar uma análise do mercado de fertilizante orgânico, pré-estabelecendo diretrizes para valoração e comercialização deste produto. Assim, este estudo técnico também pode contribuir para a viabilização financeira de usinas de biogás.

Resumindo, o estudo vias atingir os seguintes objetivos:

- >> Estimativa de nutrientes do fertilizante orgânico após o tratamento do material digerido de uma usina de biogás;
- >> Compilação e análise dos dados sobre o mercado de fertilizantes;
- >> Recomendações em relação aos modelos de negócio para comercialização deste tipo de fertilizantes no Brasil.

2

FERTILIZANTE SÓLIDO

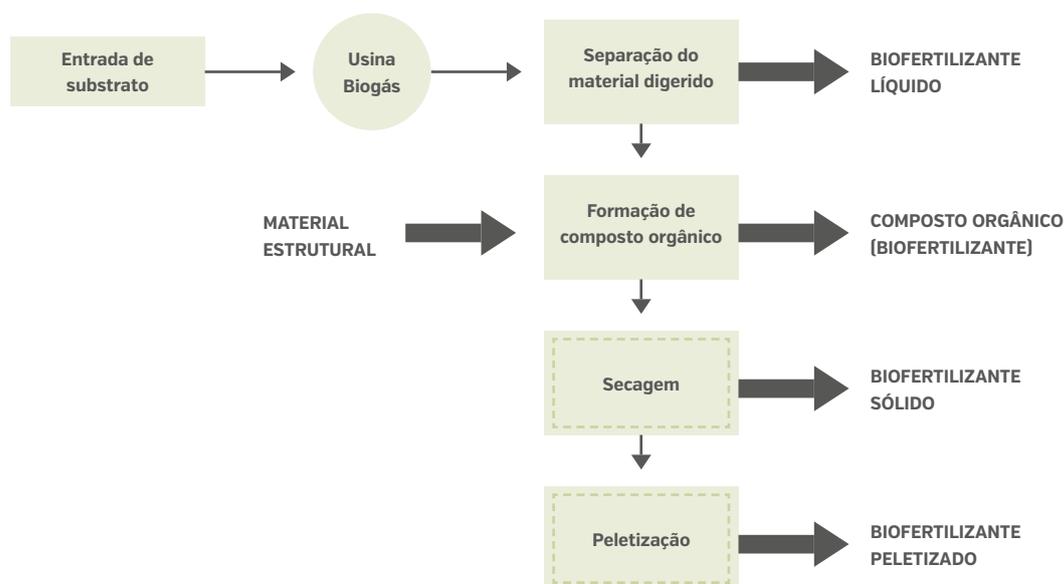
De acordo com Tavares, 2013, a formulação básica dos fertilizantes é uma combinação de três elementos químicos chamados de macronutrientes para as plantas: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). As formulações variam de acordo com a cultura a ser aplicada, tipo e origem do solo, condições físico-químicas da terra, região geográfica e a produtividade desejada.

O fertilizante considerado neste estudo é classificado como um fertilizante orgânico, pois trata-se de um produto de natureza orgânica, que pode ser obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, com base em matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.

Os substratos considerados para este modelo de usina de biogás e consequentemente, para a composição do fertilizante, são dejetos de suínos (cerca de 96% do volume total), lodos das estações de tratamento de efluentes de frigoríficos, resíduos de incubatório (sem cascas) e resíduos da indústria de laticínios. Esses dados foram apresentados no estudo Anteprojeto de uma Usina de Pesquisa e Capacitação em Biogás.

O fertilizante produzido é resultante de fermentação dos substratos supracitados realizada em uma usina de biogás. Após a fermentação, o material digerido passa por um processo de separação padrão, como pode ser observado na Figura 01. A parte líquida, pode ser utilizada como biofertilizante ou encaminhada para um processo de tratamento e a parte sólida pode ser destinada para comercialização como fertilizante sólido.

Figura 1: Diagrama do processo de obtenção do biofertilizante sólido.



Fonte: Biogastec Energie Ltda.

De acordo com Biogastec Energie (2013), a separação dos biofertilizantes líquido e sólido pode ser realizada em equipamentos, tais como centrífuga, centrífuga decanter, peneira estática e screw press. Considera-se uma

separação eficiente quando a fração sólida representa de 5% a 10% do peso com teor de massa seca entre 20% e 22% e a fração líquida representa 90% a 95% do peso com teor de massa seca entre 2% e 3%. A parte sólida ainda poderá passar por um sistema de secagem aberta ou por um secador rotatório até alcançar o teor de 15% de umidade, possibilitando a peletização.

2.1. Composição e tratamentos do fertilizante sólido

O fertilizante sólido, considerando os substratos do estudo apresentado no Caderno 2 (BIOGASTEC ENERGIE, 2013), terá uma composição estimada conforme apresentado na Tabela 01 e um teor médio de massa seca de 21%. Após a separação padrão (Figura 01), considerando-se boas condições de umidade, conteúdo de matéria seca e o input de material, este material pode passar por um processo de secagem simples, onde são feitas pilhas do material e este é revolvido por um maquinário específico.

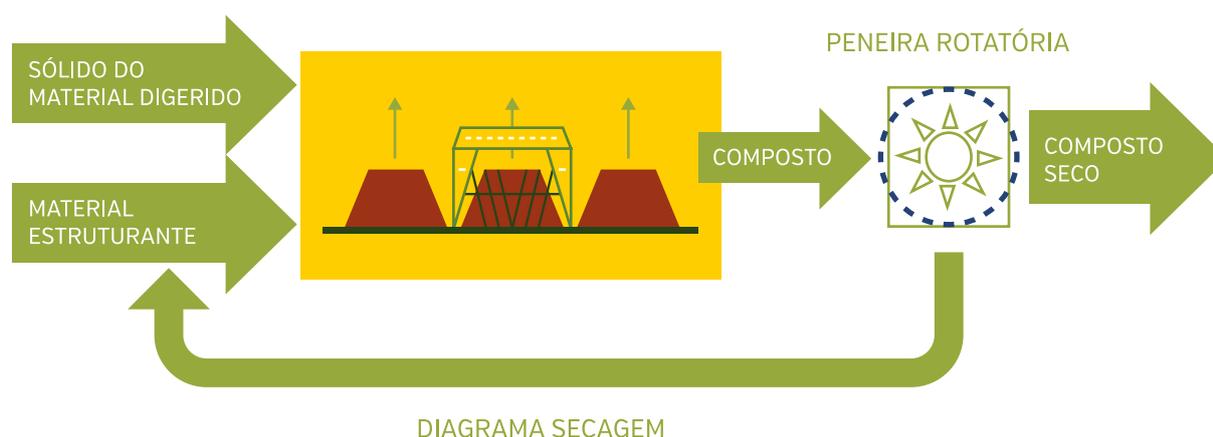
Tabela 1: Composição estimada do biofertilizante sólido.

FRAÇÃO SÓLIDA (T/A)	N (T/A)	P ₂ O ₅ (T/A)	K ₂ O (T/A)
15.206	796	645	202

Fonte: Biogastec Energie, 2013.

Para o processo de secagem, apresentado na Figura 02, é recomendado a adição de algum material estruturante, por exemplo lascas de madeira e/ou podas de árvores. Estes materiais geralmente podem ser reutilizados no processo.

Tabela 2: Fluxograma do sistema de secagem do composto.



Fonte: Adaptado de Zimmermann (2013)

Outras técnicas de secagem extra também podem ser utilizadas para, por exemplo, obter teores de massa seca acima de 85% e transformar este fertilizante em pellets. Durante a peletização, a temperatura do processo é superior a 70°C, com isso é possível garantir também a higienização do material, quando necessário. No entanto, o processo de peletização acarreta em custos adicionais para o produto final, o qual deve ser suprido pela venda do produto.

3

DADOS DO MERCADO DE FERTILIZANTE SÓLIDO

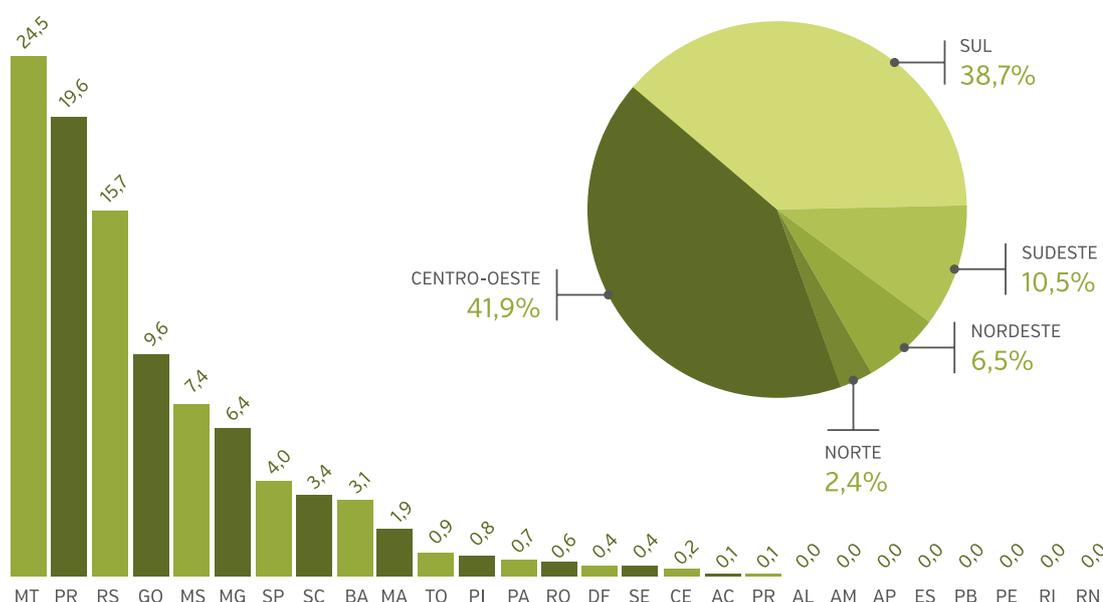
O mercado de fertilizantes sólidos (minerais) no Brasil é dominado por grandes empresas como Yara Brasil, Fosfotril/Ultrafertil, Mosaic Fertilizante, Heringer, Mitsui Adubos, Copebras, entre outras. A soja é a cultura que mais consome fertilizante, atingindo 35% do total entregue no País, enquanto que os demais 75% são utilizados em outras culturas, como milho, cana-de-açúcar, café, algodão, arroz, batata, fumo, feijão, etc. As regiões do Brasil com maior consumo de fertilizantes são Centro-Oeste 30%, Sudeste 29%, Sul 28% e Norte e Nordeste 14% (TAVARES, 2013).

No Brasil, de forma geral, os solos são pobres em relação aos nutrientes, havendo necessidade da aplicação de fertilizantes nos solos, o que torna a demanda de fertilizante muito grande (MBAGRO, 2013 apud BIOGASTEC ENERGIE, 2013). Conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004), o sistema de recomendação de adubação tem por objetivo elevar o teor dos nutrientes no solo a níveis considerados adequados para as culturas expressarem seu potencial de rendimento.

De acordo com o trabalho desenvolvido pela Biogastec Energie, 2013, a quantidade de adubos orgânicos a ser aplicada no solo para suprir a necessidade de nutrientes, geralmente, é maior quando comparado com os fertilizantes minerais. No entanto, os adubos orgânicos também podem contribuir para a agregação do solo, melhorando a estrutura, a aeração, a drenagem e a capacidade de armazenamento de água.

Com a tendência do aumento do consumo de alimentos orgânicos, a procura por uma adubação eficiente e não química torna o fertilizante sólido orgânico uma solução atrativa, devido à facilidade de transporte e concentração de nutrientes em relação a fertilizantes líquidos. Além disso, o Brasil é um país que possui uma área territorial extensa e apresenta diversidade agrícola muito grande com uma distribuição desigual de produção entre suas regiões e estados, conforme pode ser observado na Figura 03.

Figura 3: Participação dos estados e regiões na produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas



O consumo de fertilizantes no Brasil tem apresentado um crescimento a uma taxa de 6,1% ao ano, nos últimos doze anos (VIEIRA, 2013). Os principais fatores que influenciam o crescimento da demanda por fertilizantes no mundo são:

- >> Crescimento populacional e disponibilidade limitante de terras agricultáveis – com o aumento da população tem-se um aumento no consumo de alimentos e uma redução na quantidade de terras agriculturáveis, exigindo que as terras cultiváveis sejam utilizadas de forma mais produtiva, o que somente é possível com o auxílio de fertilizantes aliado a outras tecnologias;
- >> Crescimento do PIB per capita em países em desenvolvimento – a demanda por fertilizantes está intimamente relacionada à renda e ao padrão de vida da população, pois quanto maior o nível de riqueza da população, maior o consumo de alimentos;
- >> Potencial de terras exploráveis – existe uma previsão de que as áreas de plantio no mundo continuarão a se expandir rapidamente, especialmente no Brasil, que é um dos maiores produtores agrícolas de grãos, cana-de-açúcar, carne, café e produtos florestais de mais baixo custo do mundo, sendo um incentivo para o aumento da demanda por fertilizantes;
- >> Economia agrícola – a saúde econômica dos agricultores é um fator determinante para o uso de fertilizantes, pois produtores com baixas margens de lucro podem reduzir o consumo de fertilizantes, o que prejudica os níveis de rendimento. Políticas governamentais podem ajudar a incrementar a lucratividade dos produtores e, consequentemente, o consumo de fertilizantes nos próximos anos.

O Brasil é o 4º maior consumidor mundial de nutrientes para a formulação de fertilizantes, representando cerca de 5,9% do consumo mundial, ficando atrás apenas da China, Índia e Estados Unidos (VIEIRA, 2013). Entretanto, a indústria brasileira não consegue suprir a demanda nacional que tem crescido a altas taxas. Para que a produção interna aumente são necessários investimentos na produção e na infraestrutura logística.

O mercado de fertilizante orgânico e organomineral no ano de 2012 atingiu 10% da demanda de nutrientes (NPK) da agricultura no Brasil, sendo que 90% ainda são supridos por fertilizantes minerais. Estes números demonstram a possibilidade de desenvolvimento e crescimento de mercado para os primeiros produtos citados. (Rede FertBrasil da Embrapa apud NICOLOSO, 2014).

3.1. Avaliação técnica para inserção do fertilizante orgânico no mercado

Segundo avaliação técnica realizada por Nicoloso (2014), as estimativas da qualidade agronômica e do valor de mercado do composto orgânico da usina de biogás de Concórdia, modelo desse estudo, foram calculadas com base nos dados de concentração de nutrientes e matéria seca conforme citado no item 2.1. A concentração de nutrientes e eficiência agronômica da cama de frango e outros fertilizantes minerais foram obtidos a partir do Manual de Adubação e Calagem para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CQFS-RS/SC, 2004). A eficiência agronômica do fertilizante orgânico, denominado também de composto, foi estimada pelo autor como similar a da

cama de frango. Com base nos dados citados acima, calculou-se a quantidade de nutrientes disponíveis por tonelada de fertilizante, conforme apresentado nas Tabelas 02 e 03.

A menor valorização dos fertilizantes orgânicos em relação aos fertilizantes minerais está relacionada com os custos de aplicação devido à menor concentração de nutrientes, o que requer doses de aplicação mais elevadas para aportar a mesma quantidade de nutrientes ao solo. Além disso, dependendo do teor de umidade, equipamentos e operações de aplicação específicos podem ser necessários, aumentando os custos.

O valor do fertilizante sólido foi calculado para os estados da região sul do Brasil, baseado no valor dos nutrientes disponíveis na cama de frango e no fertilizante orgânico amplamente utilizado na região, considerando que são equivalentes, conforme dados apresentados na Tabela 04. A variação de preços da cama de frango entre os estados se deve a oferta, demanda e custos de frete. Espera-se que a comercialização do composto orgânico sofra uma variação similar.

Tabela 2: Estimativa da composição química e eficiência agrônômica do composto orgânico da usina de biogás em relação à cama de frango e fertilizantes disponíveis no mercado brasileiro

FERTILIZANTE	COMPOSTO USINA DE BIOGÁS	CAMA DE FRANGO (8 LOTES)	UREIA	SUPERFOSFATO TRIPLIO	CLORETO DE POTÁSSIO
Concentração de nutrientes em base seca (kg/t)					
N	249 ^a	38	460	-	-
P ₂ O ₅	202 ^a	40	-	450	-
K ₂ O	63 ^a	35	-	-	600
Total	515 ^a	113	460	450	600
Eficiência agrônômica (%)					
N	50 ^b	50	100	-	-
P ₂ O ₅	80 ^b	80	-	100	-
K ₂ O	100 ^b	100	-	-	100
Nutrientes disponíveis em base seca (kg/t)					
N	125 ^b	19	460	-	-
P ₂ O ₅	162 ^b	32	-	450	-
K ₂ O	63 ^b	35	-	-	600
Total	350 ^b	86	460	450	600

Fonte: Nicoloso, 2014

^aDados fornecidos por Biogastec Energie.

^b Estimado por Nicoloso.

Tabela 3: Valor de mercado dos fertilizantes.

^aFonte: Conab: <http://www.conab.gov.br/detalhe.php?a=1303&t=2>;

^bFonte: Valor da cama de frango obtido através de tomada de preços realizada pela Embrapa Suínos e Aves, considerando o período Fev/2013 e Jan/2014;

^dConsiderando cama de frango com 50% de umidade.

Fonte: Nicoloso, 2014.

FERTILIZANTE	COMPOSTO USINA DE BIOGÁS	CAMA DE FRANGO (8 LOTES)	UREIA	SUPER-FOSFATO TRIPLO	CLORETO DE POTÁSSIO
Estados		Valor de mercado (R\$/t)^{a/b}			
RS	N/D	34,00	1.200,00	1.300,00	1.300,00
SC	N/D	55,00	1.250,00	1.430,00	1.430,00
PR	N/D	45,00	1.250,00	1.380,00	1.400,00
Estados		Valor por nutriente disponível (R\$/kg NPK)			
RS	N/D	0,79 ^d	2,60	2,89	2,17
SC	N/D	1,28	2,71	3,17	2,38
PR	N/D	1,05	2,71	3,07	2,33

O valor de mercado do composto orgânico da usina de biogás foi estimado com base na quantidade de nutrientes disponíveis em base úmida, dessa forma o valor do composto orgânico ficaria cerca de 70% superior ao da cama de frango. Com a secagem deste material até 50% de umidade (valor máximo permitido de umidade para fertilizantes orgânicos registrados no MAPA segundo a IN 25/2009), ocorreria uma valoração de aproximadamente 138% no valor do composto orgânico (R\$ 138,00–223,00/tonelada) em relação aos valores do fertilizante com 79% de umidade, como pode ser observado na Tabela 04 (NICOLOSO, 2014).

Tabela 4: Teor de nutrientes disponíveis e valor do composto orgânico.

	CAMA	COMPOSTO USINA BIOGÁS		
Umidade [%]	50 ^a	25	50 ^b	79 ^c
Nutrientes disponíveis por tonelada de fertilizante base úmida (kg/t)				
N	10	93	62	26
P ₂ O ₅	16	121	81	34
K ₂ O	18	47	32	13
Total	43	262	175	73
Valor de mercado do fertilizante em base úmida (R\$/t)				
RS	34,00	207,28	138,19	58,04
SC	55,00	335,31	223,54	93,89
PR	45,00	274,34	182,90	76,82
Valor agregado do composto orgânico				
Produção [t/a]		4.258	6.387	15.206
RS	R\$/ano	882.537,85	882.537,85	882.537,85
SC	R\$/ano	1.427.634,76	1.427.634,76	1.427.634,76
PR	R\$/ano	1.168.064,80	1.168.064,80	1.168.064,80

Fonte: Nicoloso, 2014

Ressalta-se que o valor real do mercado depende de outros fatores como aceitação dos consumidores, a demanda do produto e questões de concorrência com outros produtos similares disponíveis no mercado. Conforme os dados da Tabela 03, o fator de secagem do fertilizante para 50% ou 25% de umidade não altera o valor agregado, pois a oferta de nutrientes é a mesma. No entanto a secagem promove uma redução da quantidade ou volume (massa) do fertilizante orgânico, o que pode reduzir custos de armazenamento e transporte, além de melhorar a aceitação por parte do consumidor.

Outra questão abordada por Nicoloso (2014) é em relação à oferta e demanda de nutrientes da região, no caso, o Oeste de Santa Catarina:

A oferta de fertilizante deve estar ajustada à demanda por nutrientes nas áreas agrícolas, visando a reciclagem do fertilizante na região da usina de biogás como a opção de melhor custo-benefício. Caso a oferta de fertilizantes seja superior a demanda local, o excedente deverá ser exportado para regiões com maior demanda por fertilizantes na agricultura.

A região do oeste catarinense possui uma área agrícola limitada e suas microbacias hidrográficas apresentam excesso de nutrientes, dessa forma a sustentabilidade da produção agropecuária depende do tratamento dos efluentes para a remoção dos nutrientes ou então da exportação do fertilizante orgânico produzido na região para outras áreas. Estes fatores podem instigar o destino do fertilizante orgânico, produzido na usina em estudo, para outras regiões com maior demanda por fertilizantes, uma estratégia com maior chance de sucesso e sustentabilidade em longo prazo.

Áreas localizadas nos arredores dos municípios de Campos Novos e Lages, na região central do estado de Santa Catarina, Passo Fundo, na região norte do Rio Grande do Sul e Guarapuava na região centro-sul do Paraná, apresentam elevada produção agrícola (milho, soja, feijão e pastagem), o que as torna interessantes para destinação do fertilizante sólido. Essas áreas estão situadas a uma distância inferior a 250 km em relação a usina de biogás estudada (situada no município de Concórdia), o que contribuiria também para um custo aceitável com transporte. O balanço de nutrientes elaborado por Nicoloso (2014) leva em consideração os índices de eficiência agrônômica e a oferta de nutrientes do composto orgânico, a demanda de nutrientes das principais culturas e das regiões avaliadas e suas respectivas áreas, além da dosagem de composto orgânico necessária para atender essa demanda – sendo o fósforo o nutriente limitante. Logo, conforme esse balanço de nutrientes, qualquer uma das regiões consideradas acima apresentam área agrícola e demanda por nutrientes suficiente para absorver a oferta de fertilizante sólido a ser gerada anualmente pela usina de biogás em Concórdia-SC.

Segundo pesquisa realizada pela Rede FertBrasil da Embrapa apud Nicoloso (2014), estima-se que até 2030 os fertilizantes de origem orgânica e organomineral atenderão até 20% da demanda de NPK da agricultura brasileira; sendo que em 2012 atingiu 10% desta demanda. De acordo com os cenários avaliados por Nicoloso (2014), considerando a relação de oferta e demanda, a demanda por fertilizantes orgânicos é bastante superior à oferta do composto a ser produzido na usina de biogás, considerando taxas de

aceitação acima de 5% que são mais prováveis para um fertilizante com teor de umidade igual ou inferior a 50%.

A avaliação técnica, descrita acima, sugere que o fertilizante orgânico seja exportado para as três regiões analisadas, priorizando a região que valorizar mais o produto com menor custo de transporte; sendo necessária uma participação no mercado de fertilizantes orgânicos de aproximadamente 6 a 12% e uma taxa de aceitação do consumidor de 10 e 5%, respectivamente.

Além disso, considerando a secagem do fertilizante orgânico da usina até um teor de 50% de umidade, a maior concentração de nutrientes disponíveis (175 kg de $N+P_2O_5+K_2O$ por tonelada de composto) é cerca de quatro vezes maior do que na cama de frango (43 kg de $N+P_2O_5+K_2O$ por tonelada de cama). Esse fato, possivelmente, promoveria uma maior aceitação deste fertilizante no mercado e seria um diferencial favorável à comercialização do fertilizante sólido produzido pela usina de biogás.

3.2. Legislação para os insumos orgânicos agrícolas

De acordo com a Abisolo – Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (2014), os produtos orgânicos destinados à agricultura estão bem amparos pela Legislação Brasileira, por meio de decretos e instruções normativas, mas ainda são necessárias mudanças para o amadurecimento do setor. A Legislação aplicável aos insumos orgânicos agrícolas como produto final é:

- >> Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 – Aprova o Regulamento da Lei Nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências;
- >> Instrução Normativa nº 10, de 06 de maio de 2004 – MAPA – Aprova as disposições sobre a classificação e os registros de estabelecimentos e produtos, as exigências e critérios para embalagem, rotulagem, propaganda e para prestação de serviço;
- >> Instrução Normativa Nº 27, de 05 de junho de 2006 – MAPA – Dispõe que fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas.

Em relação aos fertilizantes orgânicos, corretivos e condicionadores de solos e substrato para plantas, existem as seguintes instruções normativas:

- >> Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009 – MAPA – Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem, e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura;

- >> Instrução Normativa Nº 35, de 04 de julho de 2006 – MAPA – Ficam aprovadas as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do Anexo a esta Instrução Normativa.
- >> Instrução Normativa Nº 14, de 15 de dezembro de 2004 – MAPA – Aprova as Definições e Normas sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Substratos para Plantas, constantes do anexo desta instrução normativa.

No entanto, ainda não existe no Brasil um escopo legislativo que defina claramente as regras para a produção de insumos orgânicos agrícolas que tenham como objetivo principal, garantir a qualidade do produto, proteger a saúde humana, animal e assegurar a conservação dos solos e do meio ambiente. Além disso, também não existem normas ou qualquer regulamentação específica para o adubo orgânico e/ou organomineral proveniente de uma usina de biogás.

4

POSSIBILIDADES DE COMERCIALIZAÇÃO DO FERTILIZANTE SÓLIDO DE UMA USINA DE BIOGÁS

De acordo com informações coletadas juntamente com a Abisol, que é a associação que representa as indústrias brasileiras de fertilizantes orgânicos e organominerais, esse mercado é pequeno em relação aos fertilizantes químicos, mas está em desenvolvimento e existe possibilidade de crescimento, desde que haja fontes de matéria-prima de qualidade para atender o mercado, ou seja, substratos orgânicos com qualidade – sem contaminantes limitantes – e quantidade constante e suficiente para o fornecimento. As indústrias de fertilizantes orgânicos e organomineral estão se desenvolvendo de forma regional pelo Brasil, assim não existem donas do mercado como no caso das grandes empresas de fertilizantes químicos. Dessa forma, optou-se por coletar dados e entrevistar apenas empresas do estado de Santa Catarina, tendo em vista a localização da usina de biogás em estudo (Concórdia/SC).

4.1. Coopercampos: Produção de um fertilizante organomineral

Uma das empresas visitadas foi a Coopercampos – Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos, que possui uma fábrica para produção de fertilizante organomineral desde 2008. O produto da Coopercampos é produzido por um sistema de compostagem que utiliza matéria orgânica (cama aviária), rocha fosfática e um conjunto de fungos e bactérias para solubilização do fósforo e a temperatura é controlada pelo revolvimento constante das leiras obtendo assim uma mistura homogênea. A peneiragem conclui o processo para obtenção do fósforo que é incluído na mistura final com outras fontes de macronutrientes e micronutrientes. O fertilizante organomineral passa por um processo de granulação, para atender os maquinários já existentes no mercado e depois é embalado. O produto é finalizado com as seguintes formulações de NPK: 0-15-0; 3-12-6; 5-10-10; 0-12-12 e destinado para os mercados de SC, PR, RS, MS e Paraguai.

O fertilizante produzido pela Coopercampos possui todas as formulações registradas no Ministério da Agricultura. De acordo com as informações repassadas pela cooperativa, o processo para registro da fórmula é bastante burocrático e demorado devido a exigência de várias análises, mas necessário para garantir a eficácia e segurança para os consumidores. Segundo representantes da Coopercampos, o processo de registro para fertilizantes minerais é mais simples em alguns pontos, pois existe um lobby muito grande por parte das indústrias de fertilizantes químicos. Este lobby, ainda segundo os representantes, pode não facilitar o acesso das indústrias de fertilizantes orgânicos e organominerais junto ao Ministério da Agricultura.

Como exemplo, a Coopercampos cita que, para os fertilizantes orgânicos e/ou organominerais, as fórmulas devem ser registradas com um excedente de 10% em relação aos nutrientes, pois os nutrientes provindos da matéria orgânica não são considerados. Por outro lado, o fertilizante químico pode ter uma margem negativa de até 20% dos nutrientes em sua fórmula, ou seja, o fertilizante orgânico deve apresentar propriedades superiores, obrigatoriamente, em sua composição, enquanto que para o químico as propriedades da composição apresentada, podem variar em até 20% abaixo do apresentado. Logo algumas revisões da legislação são necessárias e isso pode ocorrer por meio de pesquisas realizadas por institutos como a Embrapa que fomentem essas revisões. Deve-se ressaltar que as revisões também são um processo político, que pode sofrer várias interferências.

De acordo com os representantes da Coopercampos, o mercado de fertilizantes (orgânico, organomineral e químico) é regido pelo preço do produto, o consumidor final comprará, quase sempre, o fertilizante que estiver com o menor preço independente da sua origem. Diante disso, a fidelização dos clientes nesse mercado é complicada e demanda tempo.

Com uma capacidade produtiva de 20 mil toneladas/ano de fertilizante organomineral, a Coopercampos vendeu em 2013 entre 4 e 5 mil toneladas contra 45 mil toneladas de fertilizantes químicos. Eles conseguem produzir o fertilizante organomineral com um valor em torno de 15 a 20% mais barato que as fórmulas químicas, apresentando competitividade quando os preços dos fertilizantes químicos não estão muito baixos.

Alguns dos fatores determinantes para a Coopercampos para o mercado de fertilizante organominerais são: a necessidade de pesquisas para o desenvolvimento do produto, revisões na legislação para um maior acesso ao mercado e melhorias nas questões de financiamento. Dessa forma, a agricultura sustentável seria promovida, com diminuição de custo e utilização de resíduos orgânicos.

Em relação ao fertilizante orgânico da usina de biogás do estudo, a melhor opção, conforme ponto de vista da Coopercampos, seria a adição de outros nutrientes para melhorar a qualidade, tornando-o um adubo organomineral, o que facilitaria a comercialização. A Coopercampos não demonstrou interesse, no momento atual, em absorver este subproduto da usina, pois devido ao processo específico de produção, eles utilizam o material orgânico apenas como fonte de carbono para os fungos e bactérias visando a produção de fósforo, além disso, ainda possuem uma capacidade de produção ociosa de 15 mil toneladas na própria fábrica. No entanto, o mercado de fertilizantes organominerais está em desenvolvimento, além de que este produto apresenta vantagens em relação aos fertilizantes químicos que possuem limitações e restrições de uso podendo causar problemas bem mais sérios ao meio ambiente. Este fato com seu devido reconhecimento pode ser uma porta de abertura para o aumento da fatia do mercado e uma mudança de cenário.

4.2. Adubos Ferticel: Uso do fertilizante como matéria prima adicional à cama de frango

A segunda empresa visitada foi a Adubos Ferticel, no município de Condição, que também opera um sistema de compostagem com uma linha de fertilizantes orgânicos e organominerais e está no mercado há 25 anos. O processo completo de compostagem, utilizando como base principal a cama de aviário, tem uma duração de aproximadamente 150 dias, o revolvimento das leiras é realizado por escavadeiras hidráulicas e não há necessidade de agregar materiais estruturantes, pois a cama aviária atende essa necessidade.

De acordo com o representante da empresa, este mercado de fertilizantes está em desenvolvimento e ainda existe muito espaço para o crescimento. Porém, a linha orgânica com certificação – o registro no Ministério da Agricultura – é mais complicada devido às exigências da legislação e também do mercado. Em determinados casos a matéria orgânica pode apresentar contaminantes, como metais pesados, cujos limites podem ser encontrados na Instrução Normativa SDA Nº 27/2006 Anexo V, que acabam interferindo na produção realmente orgânica. Em alguns casos, dependen-

do da quantidade e do tipo de contaminantes, não é possível usar este produto como adubo para alimentos, só para reflorestamento, por exemplo.

A Ferticel com uma maior experiência no mercado, demonstrou grande interesse no fertilizante sólido da usina de biogás, pois seria uma fonte extra de matéria prima, além da cama aviária já utilizada e que nem sempre atende a demanda. Para atender a Ferticel este subproduto da usina poderia apresentar um teor de umidade em torno de 40% ou um pouco abaixo que seria ideal para a granulação.

O fertilizante sólido da usina seria inserido no processo da Ferticel, passaria por um processo de pré-mistura com outros produtos, compostagem complementar para homogeneização e granulação, se tornando um fertilizante de acordo com os padrões da empresa, pronto para atender o mercado.

O produto – fertilizante sólido da usina – seria valorizado pela Ferticel pela qualidade, ou seja, quantidade de nutrientes e não pelo volume. Como exemplo, foi citada a cama aviária que apresenta teores de 4 de N, 3 – 4 de P e 2,5 – 3 de K e possui um valor em torno de R\$ 40,00 a tonelada, sendo que a empresa recolhe o material na granja, retira e transporta. O processo para retirada da cama envolve uma mini-escavadeira BobCat com sistema de varrição e um caminhão, além da mão de obra. Neste processo deve-se cumprir a exigência de vazio sanitário de 48 horas e limpeza completa dos equipamentos para entrada nas granjas; dessa forma, a Ferticel precisa, sempre, de 02 BobCat e 03 caminhões parados na indústria em vazio sanitário aguardando para realizarem as coletas. As coletas da cama aviária são realizadas em um raio de, aproximadamente, 60 km, acima desta distância torna-se inviável devido ao custo do frete. Todo esse processo de coleta seria muito facilitado no caso do fertilizante sólido da usina de biogás que estaria localizada no mesmo município.

A empresa Ferticel movimentou, em 2013, 100 mil toneladas de fertilizantes nas três unidades, sendo que a unidade de Concórdia movimentou 30 mil toneladas. Com esse nível de comercialização já ocorre a falta de matéria prima – cama aviária – que poderia ser complementada pela absorção do produto da usina de biogás, que se apresentaria em ótimas condições sem odores ou contaminantes que possam interferir no processo. A Ferticel atende os estados do Sul, SP, MT, MS e Paraguai e trabalha com cooperativas e representantes comerciais para distribuição dos fertilizantes.

4.3. Buschel & Lepper – B&L: Aproveitamento do fertilizante na cultura de banana

A última empresa visitada foi a Buschle & Lepper – B&L, filial no município de Blumenau, que é uma empresa com mais de 70 anos e atua na revenda de fertilizantes diversos. De acordo com os representantes da B&L, o fertilizante sólido contendo as características apresentadas na Tabela 01, se apresenta como um produto que poderia ser bastante valorizado no mercado.

O fertilizante sólido da usina, segundo os representantes da B&L, poderia ser destinado para a cultura de banana, existente no estado de Santa Catarina e, por esse motivo, a empresa demonstrou interesse na compra do produto. No entanto, o fertilizante sólido necessitaria de uma complementação na quantidade de potássio, pois o ideal para atender com eficiência a cultura de banana seria uma quantidade entre 50 e 60 kg de K_2O/t .

Considerando que as áreas destinadas às plantações de banana em SC ocupavam 30.427 hectares, de acordo com dados do IBGE de 2011, e esta cul-

tura necessita, de maneira genérica, de 1.000 a 2.000 kg de adubo orgânico por hectare, ou seja, existe uma demanda entre 30,4 e 60,8 mil toneladas de adubo por ano somente para a cultura da banana.

Diante destes fatos, conforme relatado pelos representantes da B&L, as fontes de fertilizantes orgânicos não são suficientes para suprir a demanda e novas fontes são sempre bem vindas.

Em relação ao preço de mercado, a B&L citou como exemplo um adubo orgânico de cama de aves produzido na região sul de SC, que é comprado em embalagens plásticas de 40 kg, por R\$ 210,00/t acrescido o valor do frete que fica em torno de R\$ 150,00/t. Este seria um valor aproximado para um adubo orgânico no Estado, sempre considerando a qualidade do produto e o custo do transporte para acertar o valor final.

Outro fator importante sobre a venda do fertilizante sólido da usina é a necessidade de um certificado ou laudo técnico elaborado por um laboratório de referência, como por exemplo a Embrapa, para confirmar as características e composição do produto e garantir que seja inserido no mercado sem causar problemas para os consumidores finais.

5

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

De acordo com a pesquisa realizada, o mercado de fertilizantes orgânicos e organominerais está em desenvolvimento, não sendo tão expressivo quanto o de fertilizantes químicos. No entanto, a demanda por este tipo de fertilizante, menos agressivo ao meio ambiente, está crescendo e novas fontes estão sendo bem aceitas.

O mercado regional apresentou-se como o mais indicado, devido à demanda existente e ao menor custo com transporte. Dessa forma, as regiões central de Santa Catarina, norte do Rio Grande do Sul, centro-sul do Paraná, e até culturas específicas, como a de banana, conseguiriam consumir sem grandes problemas a quantidade total de fertilizante a ser produzido pela usina de biogás da região oeste de Santa Catarina.

Uma alternativa possível é de, após todo o processo de separação e secagem, inserir nutrientes complementares no composto orgânico, tornando-o um fertilizante organomineral, que teria uma maior aceitação e valorização no mercado. Porém, a implantação de uma fábrica de fertilizantes organominerais inserida na área da usina, assim como a venda deste produto diretamente para a agricultura foram descartadas nesse estudo, pois, criar um negócio de fertilizantes não faz parte do escopo da usina que é, principalmente, a produção e venda de biometano. Esse novo negócio envolveria, além de uma nova linha de produção, demanda de mão de obra, processos burocráticos extensos para registro do produto, questões relacionadas ao transporte para distribuição do produto, criação de uma carteira de clientes e sua fidelização, entre outras inúmeras questões que estão envolvidas neste tipo de mercado. Todo esse processo extra ao escopo de uma usina de biogás/biometano poderia dificultar a viabilização desta planta.

Entende-se então que, para a usina e situação estudada, a melhor opção de negócio para o fertilizante produzido seria a venda para uma empresa de fertilizantes, como por exemplo a Ferticel, que seria responsável por um processo complementar de compostagem e suplementação de nutrientes, destinando o produto final para o seu mercado já conhecido e estruturado.

Esse cenário poderá sofrer algumas alterações de acordo com a característica de cada região a ser implantada uma usina de biogás, mas a situação de uma parceria com uma indústria de fertilizantes consumidora do produto da usina pode ser considerada como uma solução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABISOLO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL. Legislação aplicável aos Insumos orgânicos Agrícolas. Disponível em: < http://www.abisolo.com.br/site_2013/index.php/component/content/article/2-uncategorised/100-legislacao-aplicavel-aos-insumos-organicos-agricolas>. Acesso em: Fev. de 2014.

ADUBOS FERTICEL. Volnei A. Enderle: depoimento [jan. 2014]. Entrevistador: Heinz-Peter Schnicke, Blumenau - SC, 2014.

BIOGASTEC ENERGIE. Relatório Final – Desenvolvimento de conceitos para o tratamento de efluentes do biogás no sul do Brasil. Förderung klimafreundlicher Biogastechnologien in Brasilien, GIZ Brasil [DKTI-Biogas-BR]. PN 2011.9783.9-001. Set. 2013.

BUSCHLE & LEPPER S.A. Wagner Zimmermann; Andréias Cristiano Ebert: depoimento [jan. 2014]. Entrevistador: Heinz-Peter Schnicke, Blumenau - SC, 2014.

COOPERCAMPOS - Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos. Laerte I. Thibes Jr.; Edilson B. Moreira: depoimento [jan. 2014]. Entrevistador: Heinz-Peter Schnicke, Blumenau - SC, 2014.

CQFS-RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10ª edição. Porto Alegre, 400p., 2004.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: Uma visão Global Sintética. BNDES Setorial. n. 24. p. 97 - 138. Rio de Janeiro. Set., 2006.

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V. Guide to biogas from production to use. 5th edition, Gülzow, 2010.

FERTILIZANTES HERINGER. O mercado brasileiro de fertilizantes. Disponível em: <http://www.heringer.com.br/heringer/web/conteudo_pti.asp?idioma=0&tipo=29504&conta=45&img=2306>. Acesso em: 12 de novembro de 2013.

FRANSEN, T. Q. et al. Best Available Technologies for pig Manure Biogas Plants in the Baltic Sea Region. Published by Baltic Sea 2020, Stockholm. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores IBGE. Estatística da Produção Agrícola. Setembro 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201309.pdf>. Acesso: 08 de novembro de 2013.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. Entregas em 2013 Permanecem Aquecidas Após Recorde nas Vendas em 2012. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=12717>>. Acesso: Set. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N° 3, de 17 de janeiro de 2000. Disponível em: <http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/carnes_abat_humanit.htm>. Acesso: Nov. de 2013.

NICOLOSO, R. da S. Estudo técnico da destinação do fertilizante orgânico sólido produzido em uma usina de biogás no município de Concórdia-SC. / Rodrigo da Silveira Nicoloso. – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. 54p.; 21cm. [Documentos / Embrapa Suínos e Aves, ISSN 01016245; 170].

OLIVEIRA, P. A. V. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II; Projeto de Controle da Degradação Ambiental Decorrente da Suinocultura em Santa Catarina – Convênio nº 2002CV000002. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, 2004.

SILVA, R. H. C. Parte importante da elevação dos custos agrícolas é originária de fatores irreversíveis e exigirá ganhos de produtividade e de eficiência no campo. Bradesco. Agronegócio em Análise. Junho de 2013. Disponível em: < http://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/AGRO_ANALISE_24_06_13.pdf>. Acesso em: Set. 2013.

TAVARES, M. F. de F.; HABERLI, C. Jr. O mercado de fertilizantes no Brasil e as influências mundiais. Outubro, 2011. Disponível em: <<http://www2.espm.br/sites/default/files/fertilizantes.pdf>>. Acesso em: Set. 2013.

VIEIRA, C. O agronegócio brasileiro e o mercado de fertilizantes [2013 – 2018]. Outubro de 2013. Agro.consult Consultoria e Projetos. Disponível em: < <http://www.ipipotash.org/udocs/o-agronegocio-brasileiro-e-o-mercado-de-fertilizantes-cleber-vieira.pdf>>. Acesso em: Set. 2013.

ZIMMERMANN, C. Development of concepts for the treatment of biogas effluents in Southern Brazil. Ingenieurbüro für Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher Technik GmbH – UTEC. Förderung klimafreundlicher Biogastechnologien in Brasilien - DKTI-Biogas-BR. PN 2011.9783.9-001. Set. 2013.

1

APRESENTAÇÃO

No Brasil existe uma demanda considerável de gás carbônico (CO₂) para diferentes aplicações como, por exemplo, em indústrias alimentícias, siderúrgicas, hospitais, etc. Atualmente as principais fontes de CO₂ são de combustão de produtos derivados de petróleo. Com o aumento da produção e consumo de produtos que necessitam desse gás, aumenta-se a sua demanda e fontes alternativas para obtenção de gás se fazem necessárias.

Os resíduos orgânicos provindos da suinocultura, avicultura, frigoríficos e indústrias de processamento de alimentos da região sul do Brasil que representa a maior produção de suínos e aves do país, podem ser utilizados como uma fonte alternativa para obtenção de CO₂.

Os diferentes resíduos orgânicos podem ser aproveitados como substratos em uma usina para produção de biogás, geração de energia elétrica e térmica, biometano e biofertilizante; proporcionando um tratamento adequado e eficaz para estes resíduos.

Durante o processo de purificação do biogás para obtenção do biometano ocorre a geração do CO₂, como um subproduto. Dependendo da finalidade, este CO₂ precisará ser purificado e liquefeito para ser comercializado, ou poderá ser apenas liquefeito e consumido diretamente.

Dessa forma, este trabalho se preocupa com o CO₂ derivado de uma usina de biogás, que pode ser valorizado e inserido no mercado, considerando-se as possibilidades de utilização e a demanda existente no Brasil. Faz-se necessário uma pesquisa de mercado detalhada por se tratar de uma fonte diferenciada e atentar para as especificações do mercado, visando à inserção do CO₂, mediante distribuidores de gases ou diretamente em indústrias que necessitem deste produto.

Mediante consultas a especialistas e coleta e análise de dados do mercado de CO₂, será possível estabelecer diretrizes para valoração e comercialização deste produto.

Seguem os objetivos desse estudo:

- >> Avaliação técnica prévia do CO₂ da purificação de biogás;
- >> Compilação e análise dos dados sobre o mercado;
- >> Recomendações em relação aos modelos de negócio para comercialização deste subproduto no Brasil.

2

GÁS CARBÔNICO ORIUNDO DO BIOGÁS

Tabela 1: Composição estimada do biogás de acordo com o substrato

COMPONENTES	RESÍDUOS DOMÉSTICOS	LODOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE	RESÍDUOS DA AGRICULTURA	RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS
CH ₄ % vol	50 - 60	60 - 75	60 - 75	68
CO ₂ % vol	38 - 34	33 - 19	33 - 19	26
N ₂ % vol	5 - 0	1 - 0	1 - 0	-
O ₂ % vol	1 - 0	< 0,5	< 0,5	-
H ₂ O % vol [a 40°C]	6	6	6	6
Total % vol	100	100	100	100
H ₂ S mg/m ³	100 - 900	1000 - 4000	3000 - 10000	400
NH ₃ mg/m ³	-	-	50 - 100	-
Aromáticos mg/m ³	0 - 200	-	-	-
Organoclorados ou organofluorados mg/m ³	100 - 800	-	-	-

Fonte: ZHAO, 2010.

O biogás, sem passar por um processo de tratamento, é extremamente corrosivo, pois apresenta H₂S, CO₂ e H₂O. Seu aproveitamento nessa forma necessita de equipamentos específicos, manutenções e substituições de peças frequentes.

Por esse motivo, faz-se necessário incluir no processo da planta de biogás a redução e/ou remoção, principalmente do H₂S e da H₂O. O H₂S, ácido sulfídrico, pode ser removido parcialmente durante as etapas do processo de fermentação anaeróbica, permitindo que o biogás produza energia elétrica, sem prejuízos para o motor-gerador. No entanto, se o objetivo da usina for produção de biometano, o biogás, obrigatoriamente, precisa passar por um processo extra de purificação para remoção do H₂S excedente, do CO₂ e da H₂O. A purificação permite a utilização do biometano diretamente como combustível para veículos movidos à gas natural, com reduzida emissão de gases de efeito estufa e redução de custos de manutenção e consumo destes motores veiculares.

A produção de biometano em uma usina de biogás é uma ótima opção para a viabilidade do projeto, pois com o processo de purificação do biogás, além da obtenção do biometano é possível coletar o gás carbônico que é liberado no processo, podendo este ser separado e aproveitado, se tornando

um subproduto do processo de produção de biometano. Este gás pode ser armazenado para posterior comercialização, pois é utilizado em diferentes processos industriais.

Os processos de purificação são divididos em várias etapas, sendo possível a separação do CO_2 , remoção de sulfetos de hidrogênio, amônia, partículas de água, resíduos e impurezas. Dessa forma, o biogás purificado, denominado então biometano, apresentará uma concentração de CH_4 acima dos 95%, atendendo as especificações da qualidade de acordo com as normas do país onde será utilizado. Para execução destes processos poderão ser utilizados diferentes métodos, cada um com suas vantagens e desvantagens conforme apresentado na Tabela 02.

Tabela 2: Sistemas de purificação do biogás

MÉTODO	OPÇÃO/ ALTERNATIVAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Absorção com água		Alta eficiência (> 97% CH_4); remoção simultânea do H_2S quando < 300 cm^3/m^3 ; capacidade ajustável por mudança de pressão ou temperatura; baixas perdas de CH_4 (< 2%), tolerante para impurezas.	Alto custo de investimento e operação; entupimentos devido ao crescimento bacteriano; possível formação de espuma; baixa flexibilidade para variação da entrada de gás.
Absorção com polietileno glicol		Alta eficiência (> 97% CH_4); remoção simultânea de orgânicos, componentes de S, H_2S , NH_3 , HCN e H_2O ; ativo mais favorável do que a água; regenerativo;	Alto custo de investimento e operação; dificuldade de operação; regeneração incompleta quando stripping/vácuo (ebulição necessária); redução de operação quando o glicol é diluído com água.
Absorção química com aminas		Alta eficiência (> 99% CH_4); operação barata; regenerativo; mais CO_2 dissolvido por unidade de volume (comparado com água); baixíssimas perdas de CH_4 (<0,1%).	Alto custo de investimento; calor necessário para regeneração; corrosão; decomposição e envenenamento das aminas por O_2 ou outros químicos; precipitação de sais; possibilidade de formação de espuma.
Adsorção por variação de pressão (PSA)	Peneiras moleculares de carbono; Peneiras moleculares de zeólitas; Silicatos de alumina	Alta eficiência (95 -98% CH_4); remoção de H_2S ; baixo consumo de energia: alta pressão; técnica compacta; também para pequenas capacidades; tolerância a impurezas.	Alto custo de investimento e operação; necessário amplo controle de processo; perdas de CH_4 com defeitos das válvulas.
Tecnologia de membranas	Gás/gás; Gás/líquido	H_2S e H_2O são removidos; construção e operação simples; alta confiabilidade; pequenos fluxos de gás tratados sem aumento proporcional dos custos. • Gás/gás: eficiência de remoção < 92% CH_4 [1 etapa] ou > 96% CH_4 , H_2O é removida. • Gás/líquido: eficiência de remoção > 96% CH_4 , baixo custo de investimento e operação, CO_2 puro pode ser obtido.	Baixa seletividade das membranas; entre a pureza do CH_4 e a quantidade de biogás; múltiplas etapas necessárias (sistema modular) para alcançar alta pureza; perdas de CH_4 . Alto consumo de energia elétrica.

MÉTODO	OPÇÃO/ ALTERNATIVAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Separação criogênica		90 - 98% CH ₄ pode ser alcançado; CO ₂ e CH ₄ em alta pureza; baixo custo de energia extra para atingir o biometano líquido.	Alto custo de investimento e operação; CO ₂ pode permanecer no CH ₄ .
Remoção biológica		Remoção de H ₂ S e CO ₂ enriquecidos de CH ₄ ; não há produtos finais indesejados.	Adição de H ₂ ; sistema experimental - não em grande escala.

Fonte: HUERTAS, 2011
[tradução livre].

Outras informações sobre a geração e utilização do biogás podem ser obtidas no Guia Prático de Biogás (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V., 2014).

O CO₂ pode ser utilizado em diversos setores industriais para diferentes finalidades, deixando de ser classificado como um resíduo e tornando-se um recurso, um produto valorizado. Os principais ramos industriais, cada qual com suas especificações e exigências, onde é possível utilizar o CO₂ são:

- >> Indústria de alimentos para o congelamento e conservação com atmosfera modificada de alimentos, como por exemplo: frigoríficos, laticínios, indústrias de peixes, panificadoras, hortifrutis, etc. (vide Figura 01);
- >> Indústria de bebidas e refrigerantes para a carbonatação;
- >> Embalagens de diferentes materiais com atmosfera modificada, como por exemplo: equipamentos eletroeletrônicos, equipamentos médicos/hospitalares, cosméticos, itens de supermercados e restaurantes, etc.;
- >> Indústria de fertilizantes;
- >> Indústria de couros para a desencalagem do couro;
- >> Indústria de polímero na expansão de espuma de poliuretano (PU Foaming);
- >> Indústria de papel e celulose para controle do pH
- >> Indústria metalmeccânica em soldas;
- >> Indústrias frigoríficas para a insensibilização de animais;
- >> Tratamento de efluentes industriais na neutralização de alcalinos;
- >> Combate ao fogo no enchimento de extintores de incêndio;
- >> Lavação com gás comprimido de peças em metalúrgicas;
- >> Refrigeração industrial, para supermercados e sistemas de ar-condicionado automotivo (vide Figura 02).

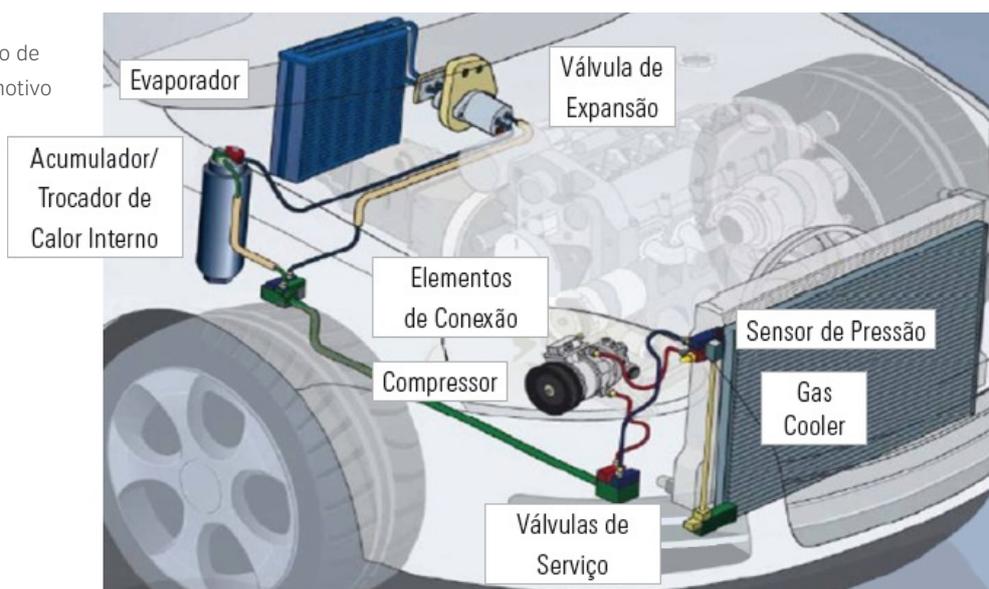
Figura 1: Alimentos embalados com atmosfera modificada



Fonte: BeefPoint (AVILE, 2013) e Universidade Online de Viçosa (ALMEIDA, 2013).



Figura 2: Ilustração esquemática do circuito de ar-condicionado automotivo com utilização de CO₂



Fonte: MMA, 2013.

2.1. Sistemas de purificação do CO₂

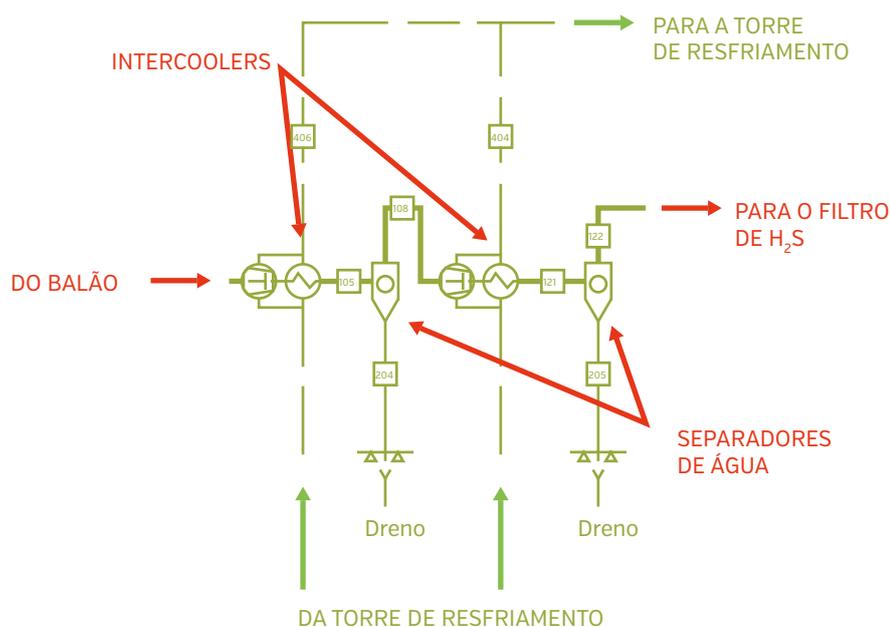
De acordo com informações da empresa Union Engineering, o processo de purificação do gás carbônico pode ser realizado por uma unidade baseada na recuperação do CO₂, com gás bruto a partir da produção de biometano. Os contaminantes presentes no gás carbônico bruto, seja de origem fóssil ou provindo do biogás, terão impacto na configuração da unidade de recuperação, de forma que análises do gás devem ser realizadas em diferentes períodos para verificar a estabilidade da fonte e fornecer informações confiáveis para um projeto final. Entretanto, qualquer CO₂ bruto precisará passar por processo de purificação para sua inserção no mercado.

Nesse capítulo será descrito um sistema de purificação do CO₂ teoricamente oriundo da purificação de biogás de uma usina de biogás, de uma forma geral. Não sendo o escopo desse estudo analisar possíveis adaptações necessárias decorrentes de especificações de cada caso.

O processo de purificação e recuperação pode ser descrito em etapas. Considerando uma produção de 1000 kg/h de CO₂ purificado, o fluxo de gás bruto deveria ser em torno de 1150 kg/h. Após a captação, o gás bruto segue para um sistema de lavagem com um depurador de água a contra-fluxo. A água flui em um circuito fechado e arrefece em placas trocadoras de calor por meio da água de refrigeração a partir da torre de resfriamento principal. A finalidade desse depurador é resfriar o gás até, aproximadamente, 38 °C para alcançar a condição adequada para entrar no compressor de CO₂.

O CO₂ bruto é comprimido por um compressor alternativo sem óleo, equipado com coolers com separadores de água. O gás é resfriado depois de cada fase por meio de água de refrigeração, em um permutador de calor de concha/tubo e o condensado é separado e drenado em um vaso separador de água a jusante do trocador de calor, conforme pode ser visto na Figura 03.

Figura 3: Sistema de compressão do CO₂



Fonte: Union Engineering
LATAM Ltda, 2014.

O filtro de H_2S é um recipiente com um catalisador adsorvente especial para remover os componentes contaminantes. O H_2S presente no CO_2 bruto, independente do seu teor, precisará ser removido até atingir as especificações exigidas. O catalisador deve ser trocado periodicamente devido ao tempo de operação ou mediante análise de laboratório indicando uma deficiência de desempenho.

Os desidratantes são usados para secar o gás e chegar a um ponto de orvalho de $-60\text{ }^\circ\text{C}$ para remoção do acetato de etila. É um sistema de recipiente duplo, preenchido com um adsorvente especial e ciclo de regeneração; um recipiente é alinhado com o processo e o outro está no processo de regeneração automaticamente. Isso é necessário para permitir condensação do CO_2 e não criar gelo de água no sistema.

A regeneração do adsorvente é feita por meio de CO_2 aquecido do gás de purga e ventilado para a atmosfera. Este sistema também está equipado com um filtro de partículas, a fim de manter as partículas do adsorvente.

De acordo com a empresa Union, o sistema de purificação remove todos os gases inertes, tais como oxigênio e nitrogênio e é equipado com um CO_2 Reboiler, uma coluna de destilação e um condensador de CO_2 . A parte inferior da coluna de destilação é inundada por CO_2 líquido, que, devido ao refluxo de calor do lado do primário do reboiler, evapora e inicia o processo de separação na coluna de destilação.

O CO_2 condensado a partir da unidade de recuperação flui para a parte superior da coluna de destilação, em contra-corrente com o gás ascendente gerado pelo reboiler. Os gases não condensáveis são retirados e purgados para a atmosfera através da parte superior do condensador de CO_2 . A Figura 04 apresenta o esquema do sistema de purificação.

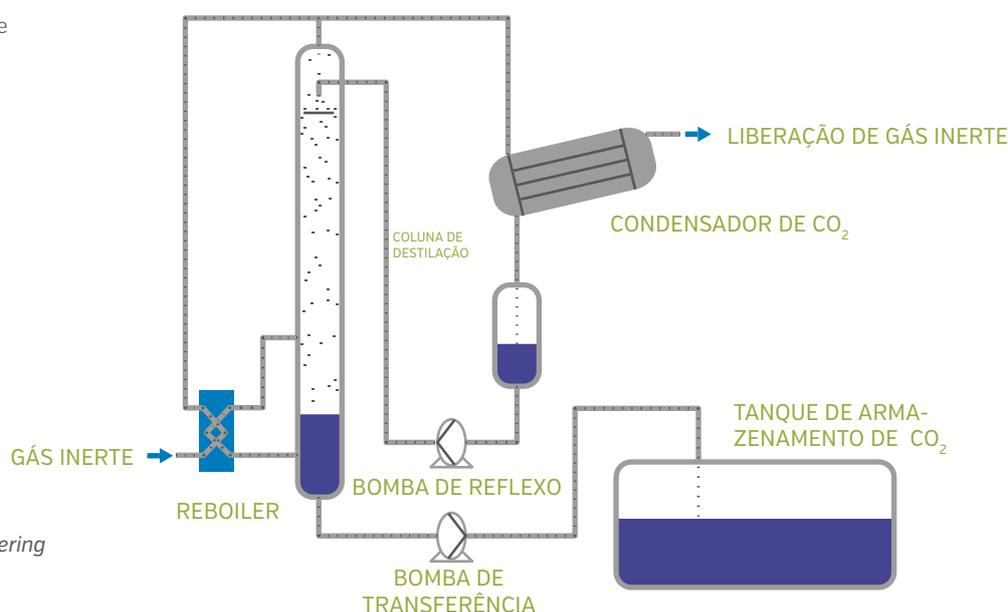
As unidades de purificação convencionais ou personalizadas tratam o CO_2 atingindo purezas de acordo com a Tabela 03. Em relação à pureza do CO_2 procedente de um sistema de purificação de biogás de alta eficiência, pode-se considerar, normalmente, um gás com um grau de pureza superior a 99%.

Tabela 3: Diferentes métodos e seus respectivos teores de pureza do CO_2

PRODUTO	DESCRIÇÃO	PUREZA DO CO_2 NA ENTRADA DA UNIDADE DE RECUPERAÇÃO	PUREZA DO CO_2 NA FASE LÍQUIDA	CONTEÚDO DE O_2 NA FASE LÍQUIDA
Condensador	Baixa remoção de oxigênio	$\geq 99,7\%$	$\geq 99,98\%$	≤ 30 ppm
PUR - D	Média remoção de oxigênio	$\geq 98\%$	$\geq 99,99\%$	≤ 5 ppm
PUR - A	Alta remoção de oxigênio	$\geq 95\%$	$\geq 99,9985\%$	≤ 2 ppm

Fonte: Union Engineering
LATAM Ltda, 2014.

Figura 4: Processo de purificação do CO₂



Fonte: Union Engineering LATAM Ltda, 2014.

A condensação do CO₂ é feita por meio de evaporação de amônia. A planta de refrigeração é um sistema fechado, composto por um compressor, um condensador de amônia, um tanque de vaporização e uma válvula de expansão. O sistema de refrigeração de água é composto por uma torre de resfriamento aberta e uma bomba para recircular a água através de todos os diversos trocadores de calor da planta.

Existem outros modelos de processo de purificação do gás carbônico e deve-se considerar que cada caso deve ser analisado para uma definição da purificação específica em função do gás de entrada e da especificação exigida. De forma geral, alguns equipamentos utilizados na purificação do CO₂ são colunas de absorção com monoetanolamina, secadores com sílica gel ou alumina, colunas de destilação, lavadores com permanganato de potássio e torres de carvão ativado e/ou peneiras moleculares.

No sistema ERZ implantado pela BUSE Gastek GmbH, empresa com mais de 120 anos de experiência com tecnologias de CO₂, o gás bruto passa por uma coluna de absorção, onde o dióxido de carbono é absorvido por meio de uma solução aquosa de monoetanolamina (MEA). A solução de MEA carregada com CO₂ é pré-aquecida e bombeada para desorção, onde o CO₂ é liberado como um gás úmido, na sequência o dióxido de carbono é resfriado e enviado para a compressão. A solução de MEA também é arrefecida, purificada e retorna para absorção. O CO₂ é comprimido e passa por um lavador (scrubber) de permanganato de potássio (KMnO₄) para remoção das impurezas por oxidação. O gás carbônico é seco e as impurezas restantes são removidas por um filtro especial de carvão ativado. O CO₂ seco e purificado é resfriado por meio de gases refrigerantes como NH₃, R507 ou R404a, até abaixo de -25 °C e em seguida liquefeito. Então o CO₂ líquido e com grau de pureza para alimentos é armazenado em tanques isolados (BUSE, 2013).

Algumas das empresas que atuam na área de purificação de gás carbônico são: Buse Gastek GmbH & Co.KG da Alemanha, Union Engineering LAMANT Ltda da Dinamarca, com filial no Brasil, The Wittenman Company, LCC dos Estados Unidos. As empresas Air Liquid e Linde também possuem sistemas de purificação próprios.

3

DADOS DO MERCADO DE CO₂

Usinas de purificação de CO₂ oriundo do biogás ainda não foram instaladas no Brasil nem na Europa. Logo, questões relacionadas com investimentos e viabilidade financeira deverão ser avaliadas para cada projeto em específico.

Considerando um projeto para o oeste de Santa Catarina, onde é possível purificar o CO₂ em nível industrial, o investimento para esse projeto, com produção de 650 kg/h ficaria em torno de 2 milhões de euros, valores sem considerar custos de importação e câmbio.

Os maiores consumidores de CO₂ são as indústrias de bebidas, como refrigerantes e cervejas, que exigem um gás com grau de pureza de 99,998%, praticamente livre de impurezas. No entanto, dados exatos sobre o tamanho desse mercado não são de fácil acesso devido às questões de concorrência entre as empresas fornecedoras, considerando que o mercado ainda é dominado por uma única empresa, a Praxair. As indústrias de alimentos que utilizam o CO₂ para resfriamento e conservação de alimentos também exigem um gás com elevado grau de purificação denominado food grade, mas os níveis de impurezas são diferenciados. As diferenças entre os limites de impurezas contidos no CO₂ para esses dois tipos de indústria podem ser observados no Anexo I. Além disso, essas empresas do ramo alimentício e de bebidas necessitam de certificações quanto ao grau de H₂S e da origem do produto.

Com um grau de exigência menor, existem outras opções interessantes para a utilização do CO₂, como em sistemas de refrigeração industriais ou em instalações comerciais de supermercados, sistemas de ar-condicionado automotivo e em frigoríficos/matadouros para a insensibilização de animais, ou seja, em segmentos nos quais o grau de pureza do gás não é um fator limitante.

Um fator importante quanto à inserção do CO₂ no mercado é em relação a sua fonte e a estabilidade quanto ao fornecimento, pois grandes consumidores de CO₂ exigem o rastreamento para certificação. Devido aos paradigmas existentes, este fato pode ser um inconveniente nos casos de CO₂ oriundo de resíduos orgânicos, principalmente de suínos. Em relação à qualidade do gás, existem técnicas de purificação avançadas com capacidade para atender as limitações de impurezas exigidas pelo mercado, independente de sua fonte, no entanto, a fonte de origem ainda poderá interferir no desenvolvimento e aceitação do produto no mercado.

Alguns novos mercados para utilização do CO₂, não tão exigentes como as indústrias de bebidas e alimentos, estão em desenvolvimento no Brasil, como a utilização do gás para insensibilização de animais antes do abate e a utilização de CO₂ para sistemas de refrigeração.

Em relação aos frigoríficos e/ou matadouros, o Ministério da Agricultura e do Abastecimento, pela Secretaria da Defesa Agropecuária estabeleceu a Instrução Normativa Nº 3, de 17 de janeiro de 2000, a qual veio para padronizar os métodos de insensibilização para o abate humanitário e estabelecer os requisitos mínimos para a proteção dos animais de açaogue e aves domésticas, a fim de evitar a dor e o sofrimento.

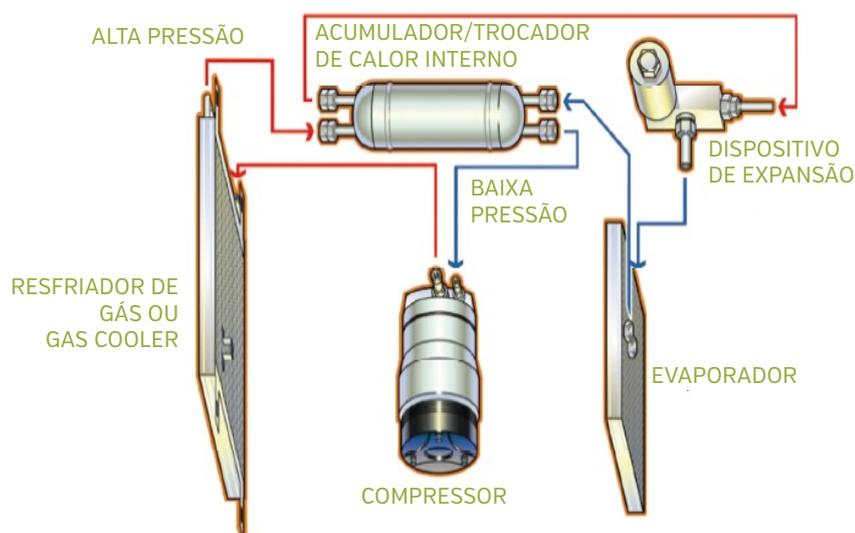
A referida instrução normativa esclarece sobre o método da exposição à atmosfera controlada, com dióxido de carbono ou com mistura de dióxido de carbono e gases do ar onde os animais são expostos para insensibilização. Essa atmosfera deve ser controlada para induzir e manter os animais em

estado de inconsciência até a sangria, sem submetê-los a lesões e sofrimento físico. Devem ser implantados aparelhos para medir a concentração de gás, sendo que, a de dióxido de carbono, em seu nível máximo, em volume, deve ser de 70% para suínos e 30% para aves.

No caso do CO₂ para refrigeração, este gás classificado como R-744, foi um dos primeiros fluidos refrigerantes aplicados em sistemas de refrigeração e foi amplamente utilizado até os meados da década de 30 do século XX. Com o surgimento dos fluidos CFCs e HCFCs, o CO₂ foi perdendo mercado até seu uso ser descontinuado no início dos anos 60. Com os problemas ambientais e o estabelecimento dos Protocolos de Montreal e de Kyoto, o CO₂ ressurgiu como uma alternativa promissora a ser utilizada em muitas aplicações nos vários setores de refrigeração (MMA, 2008; SOUZA, 2011).

De acordo com a empresa Danfoss, 2013, o CO₂ está se tornando um gás refrigerante cada vez mais importante para uma série de aplicações, como refrigeração industrial e de supermercados. Este desenvolvimento se dá tanto pela perspectiva ambiental, quanto de segurança, pois o CO₂ é um dos poucos refrigerantes sustentáveis para os sistemas de supermercados. Na Alemanha empresas automobilísticas já realizaram pesquisas para utilização do CO₂ em sistemas de ar-condicionado automotivo, o circuito pode ser observado na Figura 05.

Figura 5: Diagrama esquemático de um circuito de ar-condicionado automotivo utilizando CO₂



Fonte: MMA, 2013.

Os principais benefícios proporcionados aos usuários de sistemas de refrigeração com CO₂ é a redução tanto no consumo de energia quanto na aplicação de gases refrigerantes sintéticos que agridem a camada de ozônio, o que representa uma preocupação com a sustentabilidade. Além do menor consumo de energia elétrica e da menor quantidade de gás refrigerante envolvido no sistema, a manutenção dos sistemas também é mais simples se comparada com o sistema tradicional.

Todos os sistemas existentes com utilização de CO₂ apresentaram um desempenho superior aos refrigerantes halogenados (R22, R404A ou R507A). O CO₂ tem alta capacidade volumétrica de refrigeração, comparada aos refrigerantes sintéticos, que dependendo das condições de aplicação chega a ser de 5 a 8 vezes maior. Isso significa trabalhar com compressores, componentes e tubulações de tamanhos reduzidos (PINHEIRO, 2013). Dessa forma, o CO₂ apresenta-se com um opção muito interessante para ser utilizado em sistemas de refrigeração.

4

INDÚSTRIAS FORNECEDORAS DE CO₂

O mercado brasileiro de gás carbônico é dominado pela White Martins pertencente ao grupo internacional Praxair, que atende cerca de 70% do mercado. No entanto, outras empresas concorrentes investem em suas capacidades próprias, conquistando fatias de mercado, como: a Air Liquide, Air Product, Carbo Gas, Indústria Brasileira de Gases - IBG, Linde Gases, etc. Essas empresas atendem indústrias alimentícias, os setores de siderurgia, petroquímica, vidro, papel, indústrias eletrônicas e os mercados da saúde e tratamento médico domiciliar.

Nenhuma empresa entrevistada forneceu informações sobre investimentos e números de plantas em operação, bem como valores específicos do produto final, pois existe muita proteção desse mercado.

O preço do CO₂ liquefeito para o cliente final depende totalmente do custo do transporte, da finalidade e aplicação e é diferenciado para cada cliente de acordo com o contrato estabelecido entre as partes. Como exemplo, o CO₂ para uso industrial pode variar entre R\$ 0,80/kg e R\$ 8,00/kg, já o CO₂ para fins medicinais pode variar entre R\$ 17,00/kg e R\$ 21,00/kg dependendo da região.

De acordo com a Linde Gases, as principais fontes de CO₂ são plantas de amônia, plantas de óxido de etileno, poços naturais, combustão de gás natural ou diesel, etc.; estas são preferidas pelos clientes pois apresentam um processo mais estável de produção garantindo o fornecimento do gás. Em alguns casos, como no Chile, a Linde é proprietária da planta de hidrogênio e conseqüentemente dos gases (H₂ e CO₂), esse modelo se repete em outras filiais pelo mundo. No caso da Linde Gases, seu maior interesse, no momento, é por um CO₂ denominado de primeira linha, ou seja derivado das fontes citadas acima, visando o grau de pureza para indústrias alimentícias e para bebidas. Outro exemplo citado pela empresa Air Product é o sistema pig back, onde uma usina de gás natural fornece o CO₂ diretamente para um grande cliente e a sobra é liquefeita e distribuída para o mercado, esse sistema ocorre principalmente nas indústrias siderúrgicas, as quais quando de grande porte geralmente possuem usinas de gás associadas e a empresa distribuidora fica com o remanescente.

O CO₂ concentrado é sempre o mais procurado pelas empresas fornecedoras, por exemplo, o gás derivado da combustão do gás natural varia de 3 a 12% de CO₂, conforme especialista da Linde Gases. No caso de plantas de biometano o CO₂ é liberado a 98% e neste caso o investimento para polimento (purificação) e liquefação é menor. Entretanto existem os paradigmas em relação à fonte, pois este gás seria considerado um gás de segunda linha, assim como um gás proveniente de aterro sanitário, sem considerar que o gás de aterro pode conter muitos mais contaminantes do que um gás de uma usina de biogás. De acordo com o especialista da Linde, este tipo de paradigma pode e deve ser quebrado, mas esse processo demanda tempo e persistência.

No caso da obtenção do gás carbônico por fontes orgânicas, existem muitas variáveis no processo que se não forem bem controladas podem comprometer a sua produção, como a biologia do processo de fermentação, a qualidade da água e do recirculado, o controle de temperatura e a composição do substrato (por exemplo, a cana de açúcar pode variar em cada safra).

Dessa forma os clientes exigem mais análises e um acompanhamento crítico em relação a pureza do gás antes de efetivarem uma compra e mesmo assim, o CO₂ de cervejarias e de gás de aterro não são bem aceitos por algumas grandes empresas.

Entretanto, o diretor executivo da IBG – Indústria Brasileira de Gases acredita que a fonte para obtenção do CO₂ não deveria ser um problema para o consumidor, pois o que importa realmente é a qualidade final do produto, a grau de purificação do CO₂ e a constância de fornecimento com um preço competitivo para o mercado. Da mesma forma, a empresa Air Liquide demonstra interesse em fontes alternativas e descentralizadas para obtenção de gases como o CO₂, com foco nas especificações, custos e estabilidade e garantia do fornecimento. A empresa Air Product também demonstra interesse em fontes alternativas de CO₂ por intermédio de processos de fermentação, desde que a produção seja garantida, pois acreditam que no processo de fermentação de materiais orgânicos, como resíduos industriais, o fator contaminante é reduzido se comparado com o gás de aterro, que apresenta certa rejeição das indústrias de alimentos.

Os principais centros de consumo de gás carbônico são Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro e São Paulo, devido a maior concentração das indústrias de bebidas que utilizam gás para o processo de carbonatação. Outras regiões também apresentam demanda, mas o abastecimento fica comprometido pelo elevado custo do transporte. Em alguns casos, como abastecimento para hospitais o gás chega a ser transportado por mais de 2000 km, pois não existe alternativa, o que eleva muito os custos de transportes e do produto final. A questão do transporte de gases é realmente muito complicada no Brasil, de acordo com o diretor executivo da IBG. Este fato dificulta, por exemplo, se uma empresa pretende distribuir duas linhas de produtos, um CO₂ com food grade e um CO₂ com um grau de purificação inferior, isso demandaria carretas específicas para cada produto o que aumentaria os custos de transporte e conseqüentemente do produto final, podendo torná-lo não competitivo. Sendo assim, a melhor opção nas condições atuais do Brasil é focar apenas em um produto final.

O representante da Linde Gases relata o mesmo problema em relação ao transporte não apenas no Brasil, mas em toda América do Sul. Para atenderem determinadas regiões o custo do transporte ultrapassa o do próprio produto, pois as carretas da Linde viajam apenas durante o dia, o custo do combustível é elevado, assim como o dos pedágios, as estradas são ruins, e os impostos são altos. Além disso, na América do Sul não existem carretas suficientes como nos EUA e precisam passar por análises, limpeza e purificação antes de cada carregamento, o que gera perdas e mais custos. Já nos EUA, por exemplo, as frotas da Linde de CO₂ alimentício e industrial são carretas e vagões específicos não havendo necessidade desse processamento e os locais que recebem o gás tem sistema de análise para rastreabilidade da fonte, o que não acontece no Brasil.

Outra situação que também ocorre no Brasil, são as fontes de CO₂ existentes em lugares muito distantes dos grandes centros. Assim, apesar de o mercado de CO₂ crescer constantemente, alguns novos mercados não conseguem ser atendidos, como por exemplo, o sistema de crescimento de plantas em estufa com atmosfera modificada com CO₂, que é um merca-

do promissor e muito desenvolvido na Europa. Este mercado não consegue evoluir, pois não há CO₂ suficiente no Brasil e, nas áreas onde há geração de CO₂ industrial, não existe disponibilidade de áreas cultiváveis. De acordo com o especialista da Linde, o custo do CO₂ com elevado grau de pureza é alto, dessa forma, as novas finalidades deveriam ser atendidas por CO₂ de segunda linha, em quantidade suficiente e com preço acessível.

As empresas consultadas demonstraram interesse em investir na planta de biogás, algumas em um sistema de polimento extra para atender as especificações de determinados clientes e em um sistema de armazenamento e liquefação do gás para posterior distribuição. Dessa forma as empresas distribuidoras se comprometeriam com a compra de determinada quantidade de gás mediante garantia de fornecimento, após realizarem o balanço entre o custo do investimento e o valor do produto.

A empresa Air Liquide possui tecnologia própria para purificação do CO₂, com aminas e/ou membranas que, segundo representante da empresa, apresentam um custo baixo em relação à planta de purificação. Além disso, estão abertos para pesquisa e desenvolvimento de outras tecnologias específicas. A empresa IBG controla a qualidade do gás mediante analisadores de CO₂ em cada planta e quando são necessários certificados enviam amostras para laboratórios terceirizados. A Linde Gases também envia suas amostras de CO₂ para serem analisadas em laboratórios específicos, geralmente nos EUA, pois no Brasil existem pouquíssimos laboratórios especializados nesta área devido a pouco demanda e elevados custo dos padrões, sendo, na maioria das vezes, mais viável enviar as amostras para laboratórios no exterior.

No caso da Linde, e demais empresas, que fornecem CO₂ com elevado grau de pureza, as exigências do produto são regulados por órgãos internacionais como International Society of Beverage Technologists – ISBT, Compressed Gas Association – CGA, European Industrial Gases Association – EIGA. No Brasil existem apenas algumas regulamentações da Anvisa, como para gases medicinais, não sendo suficientes para atender as exigências de todos os mercados. A empresa fornecedora/distribuidora precisa realizar um controle de qualidade até a origem do CO₂, realizando auditorias de qualidade do produto na usina fornecedora, podendo dessa forma validar a fonte.

O gás carbônico bruto é analisado periodicamente, de acordo com a CGA, e o setor de engenharia e parceiros, como a Union, selecionam a melhor metodologia para purificação. Nas amostras de CO₂ são analisados, aproximadamente, 70 contaminantes e a Linde, diante de grandes clientes, fica responsável pelas análises e qualidade do produto, como realizar investigações de outros contaminantes.

Mas o problema não são os contaminantes em si, pois existe tecnologia para remoção, o problema é qual contaminante está presente em maior quantidade. Por exemplo, a contaminação por metais pesados exige um período de quarentena para a descontaminação de tanques e carretas, tornando esta contaminação mais problemática. Para atingir o grau de purificação de 99,998% nas plantas de biometano se faz necessário um polimento além do processo com amina, pois podem ocorrer contaminações por NO_x, H₂S e CO.

A Linde Gases atua no mercado há mais de 2 anos como comercializadora, sendo que a maior parte de seus produtos são comprados e não próprios. Para novos mercados, tais como CO₂ de plantas de biogás, o especialista

da Linde sugere iniciar a carteira de clientes com pequenos consumidores, sempre realizando monitoramento na linha de produção, garantindo o fornecimento e qualidade do produto. Dessa forma, é possível quebrar os paradigmas existentes nesta área.

De acordo com todas as empresas entrevistadas existe uma demanda para consumo de CO₂ e existe interesse em fontes alternativas de geração de CO₂. Algumas empresas são flexíveis para ajustar o sistema de purificação de CO₂ visando atender as necessidades de um cliente que não necessita de um grau de pureza tão alto, por exemplo. Para a usina de biogás o importante é manter a qualidade mínima exigida pelo comprador de CO₂ e a constância na geração.

5

DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES

O gás carbônico provindo de uma usina de biometano, se destinado para um fim mais nobre, deve passar por uma planta de purificação de CO₂ para remoção de impurezas como H₂S e até gases inertes como oxigênio e hidrogênio, e assim atingir uma pureza de 99,998%. No entanto cada planta de purificação de CO₂ é elaborada para atender as necessidades do cliente, podendo ser simples ou complexa, como no caso de indústria de bebidas. De qualquer forma, o CO₂ é valorizado no mercado e existe uma demanda deste gás no Brasil, além de mercados que ainda não foram explorados. O valor de mercado deste produto é muito variável e depende do contrato estabelecido com cada cliente de acordo com a finalidade de aplicação, além do custo do transporte.

As empresas entrevistadas apresentaram interesse nessa fonte alternativa para obtenção do CO₂, inclusive em realizar investimentos na planta de purificação do CO₂. Estas empresas distribuidoras não conseguem atingir, no momento, novos mercados de CO₂ devido à falta de um produto mais competitivo com garantia de abastecimento e devido aos problemas existentes no Brasil em relação ao transporte, falta de infraestrutura e custos elevadíssimos.

Uma fonte alternativa de CO₂ seria bem aceita pelo mercado visando o seu desenvolvimento e aumento do consumo deste gás em diferentes áreas, atentando para as especificações exigidas e para a questão dos custos com transporte. Não se deve desconsiderar os paradigmas quanto à aceitação do CO₂ oriundo do biogás, visto que ainda é um produto desconhecido. As recomendações sobre o mercado em relação à aquisição de CO₂ procedente de uma usina de biogás com sistema de purificação para obtenção de biometano e, conseqüente, possibilidade de captação deste CO₂ são:

- >> Para que este mercado se consolide e que esta fonte se estabeleça, faz-se necessária a criação de regulamentações que possibilitem o uso de biogás como gás veicular no Brasil;
- >> Criar vínculos entre empresas produtoras de biometano e empresas geradoras e comercializadoras de CO₂, pois há demanda e existe interesse por parte das comercializadoras em adquirir este produto;
- >> A descentralização das usinas de biogás/biometano é importante para a produção de CO₂ em locais onde não há disponibilidade, pois pode reduzir muito os custos com transporte;
- >> A divulgação de forma técnica e contínua sobre as possibilidades e benefícios do mercado de biogás/biometano e seus subprodutos (CO₂ e fertilizantes) é imprescindível para a quebra de paradigmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIR LIQUIDE. Ivan Pajolli, Paulo Kepczynski: depoimento [dez. 2013]. Entrevistador: Heinz-Peter Schnicke, São Paulo, 2013.

AIR PRODUCT. Cesar R. de Miranda, Célio B. Mafud: depoimento [dez. 2013]. Entrevistador: Heinz-Peter Schnicke, São Paulo, 2013.

ALMEIDA, T. C. A. Escolha do Fornecedor de Hortifruti Higienizados. Universidade Online de Viçosa. Disponível em: <<http://www.uov.com.br/artigo/escolha-do-fornecedor-de-hortifruti-higienizados>>. Acesso: 11 nov. 2013.

AVILES, F. D. Embalagens com atmosfera modificada. BeefPoint. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/sic/embalagens-com-atmosfera-modificada-22798/>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

BUSE. CO2 Production Plant – System BUSE ERZ. Disponível em: <http://www.buse-gastek.com/fileadmin/user_upload/BUSE%20-%20CO2%20Production%20-%20ENG%20single.pdf>. Acesso: 06 nov. 2013.

DANFOSS AMERICA LATINA. Danfoss – Seu fornecedor de soluções em CO2. Disponível em: <http://www.danfoss.com/Latin_America_portuguese/BusinessAreas/Refrigeration+and+Air+Conditioning/Refrigerants/CO2.htm>. Acesso: 11 nov. 2013.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from Waste and Renewable Resources. Ed. Wiley - VCH, 2008.

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V. Guia Prático de Biogás: Geração e Utilização. 5 Edição. Gülzow, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/guia-pratico-do-biogas.pdf>> Acesso em: 03 fev. 2014.

HUERTAS, J. I.; GIRALDO, N.; IZQUIERDO, S. Removal of H₂S and CO₂ from Biogas by Amine Absorption. 2011. Mass Transfer in Chemical Engineering Processes. ISBN: 978-953-307-619-5, InTech. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/mass-transfer-in-chemical-engineeringprocesses/removal-of-h2s-and-co2-from-biogas-by-amine-absorption>>. Acesso em: 21 out. 2013.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE GASES – IBG. Newton de Oliveira: depoimento [dez. 2013]. Entrevistador: Heinz-Peter Schnicke, São Paulo, 2013.

LINDE GASES. Rosalvo Neto: depoimento [dez. 2013]. Entrevistador: Heinz-Peter Schnicke, São Paulo, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar-condicionado – Publicação Técnica. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar-condicionado – Publicação Técnica. 2008. Disponível em: <http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/6266-p-uso_fluidos_naturais.pdf>. Acesso: 12 nov. 2013.

MULTIVAC DO BRASIL. Better Packing. Ramos de atividades. Disponível em: <<http://br.multivac.com/multivac-do-brasil/ramos-de-atividades.html>>. Acesso em: 12 nov. 2013.

UNION ENGINEERING LATAM LTDA. Technical requirements and purification process for a CO₂ recovery unit from a biomethane source. Elaborador por: César Augusto Arns Pereira. Curitiba – PR. 2014.

PINHEIRO, A. P. B. Crescimento das instalações por CO₂ - 30 supermercados brasileiros aderiram. Postado em 30/10/2012. Engenharia e Arquitetura. Refrigeração. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/607/Crescimento-das-instalacoes-por-CO2.aspx>>. Acesso: 11 nov. 2013.

SILVA, C. A. B. V. Limpeza e purificação de biogás. 2009. Dissertação [Mestrado em engenharia mecânica] - Departamento de Engenharias da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real – Portugal.

SOUZA, L. M. P.; FILHO, E. P.B. CO₂ – Propriedades e aplicações. 21º POSMEC – Simpósio do Programa de Pós-graduação. 2011. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Mecânica. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Disponível em: <<http://www.posgrad.mecanica.ufu.br/posmec/21/Artigos/LuisMPSouza.pdf>>. Acesso: 12 nov. 2013.

SULVALLE. Abate suíno com insensibilização por CO₂ garante qualidade da carne. Disponível em: <<http://www.sulvalle.com.br/noticia/25/abate-suino-com-insensibilizacao-por-co2-garante-qualidade-da-carne>>. Acesso: 12 nov. 2013.

ZHAO, Q. et al. Purification Technologies for Biogas Generated by Anaerobic Digestion. CSANR Research Report 2010 – 001. Chp. 9 Compressed Biomethano. Disponível em: <http://www.biogas-renewable-energy.info/biogas_composition.html>. Acesso: 21 out. 2013.

ANEXO 1

Impurities in CO₂ – sources and specifications.

IMPURITY	NATURAL SOURCES	FERMENTATION	CHEMICAL PROCESSING	FOOD PROCESSING SPECIFICATION	BEVERAGE GRADE SPECIFICATION
acetaldehyde	?	?	?	<0.5 ppm v/v	<0.2 ppm v/v
ammonia	?	?	?	<20 ppm v/v	<2.5 ppm v/v
benzene	?	?	?	<0.05 ppm v/v	<0.02 ppm v/v
carbon monoxide	?	?	?	<10 ppm v/v	<10 ppm v/v
carbonyl sulphide	?	?	? [1]	<0.5 ppm v/v [4]	<0.1 ppm v/v [5]
cyclic hydrocarbons	?		?		
dimethyl sulphide	?	?	? [1]	[4]	[5]
ethanol	?	?	?	<10 ppm v/v	<10 ppm v/v
ethers	?	?	?		
ethyl acetate	?	?	?		
ethyl benzene	?		?		
ethylene oxide			?	No spec	<0.5ppm v/v
hydrogen cyanide			? [2]	No spec [2]	<0.5ppm v/v
hydrogen sulphide	?	?	?	<0.5 ppm v/v [4]	<0.1 ppm v/v [5]
ketones	?	?	?		
mercaptans	?	?	?	[4]	[5]
mercury	?		?		
methanol		?	?		
nitrogen	?	?	?	No spec	<120 ppm v/v
nitrogen oxides			?	<5 ppm v/v	<2.5 ppm v/v
oxygen	?	?	?	<30 ppm v/v	<30 ppm v/v
phosphine			? [3]	No spec	<0.3 ppm v/v
radon			? [3]		
sulphur dioxide	?	?	? [1]	<5 ppm v/v	<1 ppm v/v
toluene	?	?	?		
vinyl chloride	?		?	No spec	<0.5 ppm v/v
volatile hidrocarbons	?	?	?		
xylene	?		?		

Fonte: Johnson Matthey Catalysts. Disponível em: <<http://www.jmcatlysts.cn/en/co2-overview.htm>>.

Acesso em 14 de janeiro de 2014.

All specifications refer to carbon dioxide in its liquid phase. [?] Unknown. [1] Unlikely to be present in carbon dioxide which is sourced from a correctly operated ammonia or methanol plant. [2] Only when sourced from direct gasification of coals. [3] Only when sourced from phosphate rock. [4] Total sulphur must be <0.5 ppm v/v. [5] Total sulphur must be <0.1 ppm v/v.



Por meio do **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das Cidades



Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7958-054-3



9 788579 580543

