



Gestão do digestato para a utilização como biofertilizante na produção vegetal



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Parceiros do Projeto



Parceiros nesta Atividade



Comitê Diretor do Projeto



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



www.gefbiogas.org.br

This project/program is funded by the Global Environment Facility

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



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

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Gestão do digestato para a utilização como biofertilizante na produção vegetal.** Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022. *E-book*. (Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira: GEF Biogás Brasil).

COMITÊ DIRETOR DO PROJETO

Fundo Global para o Meio Ambiente

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Ministério de Minas e Energia

Ministério do Meio Ambiente

Ministério do Desenvolvimento Regional

Centro Internacional de Energias Renováveis

Itaipu Binacional

PARCEIROS DO PROJETO

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

Associação Brasileira do Biogás

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FICHA TÉCNICA

Nome do produto:

Gestão do digestato para a utilização como biofertilizante na produção vegetal

Componente Output e Outcome:

Output 2.1 e Outcome 2.1.2

Publicado pela(s) entidade(s):

Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

Entidade(s) diretamente envolvida(s):

Centro Internacional de Energias Renováveis Biogás – CIBiogás

Autoria e coautoria:

Camila Ferreira Matos - CIBiogás
Daiana Gotardo Martinez – UNIDO | CIBiogás
Gabriela Guerrize - CIBiogás
Lucas Froes Olivi Dantas - CIBiogás
Thiago Edwiges – UTFPR

Revisão técnica:

Ricardo Muller – UNIDO|CIBiogás
Vinicius Guilherme Danieli Fritsch – UNIDO

Coordenação:

Felipe Souza Marques

Editoração:

Nicole Mattiello

Data da publicação:

Agosto/2022.

O68g Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial.

Gestão do digestato para a utilização como biofertilizante na produção vegetal / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial ; Centro Internacional de Energias Renováveis. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022.
63 p.: il. – (GEF Biogás Brasil)

ISBN: 978-65-87432-57-1

1. Biogás. 2. Agroindústria. 3. Digestato. 4. Digestão anaeróbia. 5. Biofertilizante. I. Matos, Camila Ferreira. II. Martinez, Daiana Gotardo. III. Guerrize, Gabriela. IV. Dantas, Lucas Froes Olivi. V. Edwiges, Thiago. VI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. VII. UNIDO. VIII. Centro Internacional de Energias Renováveis. IX. Título. X. Série.

CDU 662.767.2



APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2. PRODUÇÃO DE BIOGÁS E DIGESTATO	9
3. DIGESTATO OU BIOFERTILIZANTE?	11
4. COMPOSIÇÃO DO DIGESTATO	12
5. MANEJO DO DIGESTATO	13
5.1 SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO	14
5.2 TECNOLOGIAS DE SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDA.....	15
6. APLICAÇÃO DO DIGESTATO.....	19
6.1 TECNOLOGIAS PARA APLICAÇÃO DO DIGESTATO	21
6.2 EFEITO DA APLICAÇÃO DO DIGESTATO NO SOLO	23
7. MERCADO DO DIGESTATO E VALORAÇÃO	25
7.1 COMERCIALIZAÇÃO DO DIGESTATO: MITO OU REALIDADE?	27
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

Resumo/Abstract

PORTUGUÊS

O digestato é um produto sólido ou líquido gerado em plantas de biogás por meio da digestão anaeróbia, com características que dependem do tipo de substrato, teor de sólidos durante a operação do reator, eficiência do sistema em termos de degradação da matéria orgânica e pós-tratamentos mecânicos, térmicos e físico-químicos aplicados ao digestato. As formas de monetização a partir deste produto são diversas sejam elas pelo custo evitado no uso de fertilizantes orgânicos sejam por meio da comercialização do digestato (que deve seguir as normas estabelecidas pelo MAPA). Por fim, o digestato deve ser observado e aplicado como produto para aumentar a competitividade em unidades produtoras.

Palavras-chave: digestato, manejo, aplicação.

ENGLISH

The digestate is a solid or liquid product generated in biogas plants through anaerobic digestion, with characteristics that depend on the type of substrate, solids content during the operation of the reactor, system efficiency in terms of organic matter degradation and mechanical, thermal and physical-chemical post treatments applied to the digestate. The forms of monetization from this product are diverse, either by the cost avoided in the use of organic fertilizers or through the marketing of the digestate (which should follow the standards established by MAPA). Finally, the digestate should be observed and applied as a product to increase competitiveness in production units.

Keywords: Anaerobic reactors, good practices, operational procedures.

Impactos

Na digestão anaeróbia são gerados dois produtos, o biogás e o digestato. Ambos podem contribuir com o aumento da competitividade em unidades produtoras, impactando na redução de custos e geração de receitas. Deste processo o biogás é o produto mais explorado e com rotas mais estabelecidas ao se comparar ao digestato, porém, deve-se destacar que o digestato pode contribuir na viabilidade de projetos, portanto atenção especial deve ser dada a este produto.

Considerando os impactos positivos que podem ser gerados a partir do aproveitamento do digestato, espera-se com esta publicação introduzir as boas práticas de gestão do digestato (manejo e aplicação) além de orientar oportunidades aderentes a geração de receita deste produto. Estas informações são direcionadas a produtores e fornecedores para que possam compreender as potencialidades deste produto pouco explorado no país, porém, com alto potencial de incremento financeiro e benefícios ambientais.

1. INTRODUÇÃO

A digestão anaeróbia é uma tecnologia sustentável de tratamento de diferentes fontes de resíduos orgânicos com histórico de crescimento no Brasil. Dentre os substratos mais utilizados para a produção de biogás estão os dejetos animais, principalmente suínos e bovinos, os efluentes de agroindustriais como feculárias e abatedouros, sobras de alimentos, esgoto sanitário e a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU).

A partir de estudos realizados pelo Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIBiogás) e parceiros e publicados no Panorama do Biogás no Brasil (2019) foram identificadas 521 plantas de biogás em operação. Destas, 78% são plantas de pequeno porte, com produção de biogás inferior à 1.000.000 Nm³/ano, alimentadas majoritariamente com dejeções animais, uma fonte de resíduo caracterizada pela elevada biodegradabilidade e concentração de nutrientes. A maior parte das plantas de biogás instaladas em propriedades rurais produtoras de proteína animal estão localizadas na Região Sul. Os resíduos agropecuários, apesar de serem responsáveis por apenas 12% do volume total de biogás produzido no país (outros 12% são gerados em indústrias e 76% em estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários), representam 80% da quantidade plantas instaladas (CIBiogás, 2020).

A característica descentralizada destas plantas (416 no total) requer atenção sob o ponto de vista sanitário, ambiental e agrônômico. Considerando a importância da produção *in loco* de um material capaz de reduzir a dependência da adubação mineral, o uso do digestato (produto líquido da digestão anaeróbia) como fertilizante orgânico merece destaque, uma vez que a maior parcela dos estudos científicos aborda a geração e uso energético do biogás.

Neste documento técnico serão apresentados os principais tópicos que tratam de maneira prática informações sobre o digestato, contemplando a composição, o manejo adequado e os possíveis efeitos advindos do seu uso.

2. PRODUÇÃO DE BIOGÁS E DIGESTATO

O Brasil chegou a produzir 1,34 bilhões de litros de biogás em 2019 (Figura 1). O processo de produção de biogás a partir da digestão anaeróbia é realizado por um grupo de microrganismos anaeróbios-facultativos e estritamente anaeróbios que convertem a matéria orgânica presente nos substratos (resíduos orgânicos) em um produto gasoso (biogás) e em um produto líquido (digestato). Para que o processo aconteça de forma equilibrada e eficiente, o ambiente deve estar livre de oxigênio e apresentar concentrações específicas de nutrientes que permitam a conversão da matéria orgânica por meio dos microrganismos.

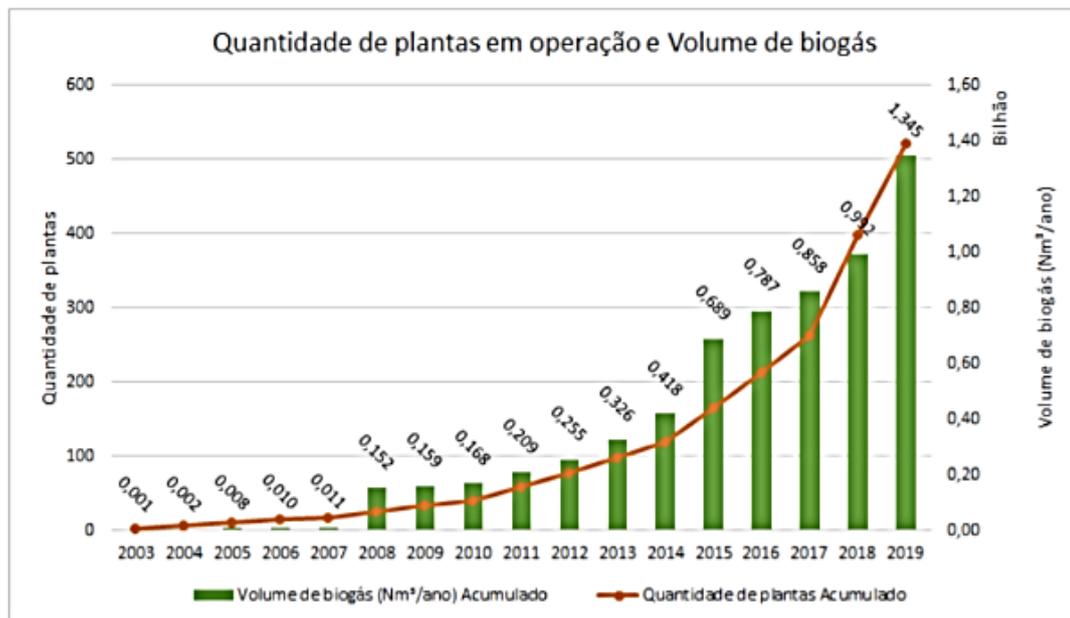


Figura 1 – Número de plantas de volume de biogás produzido no Brasil entre 2003 - 2019. Fonte: CIBiogás (2019).

O biogás pode ser convertido em energia elétrica, térmica e/ou biometano. Este produto possui uma cadeia tecnológica desenvolvida se comparada ao digestato. Suas aplicações são difundidas assim como o retorno financeiro, o que gera interesse em unidades de produção. Já o digestato, produto aproveitado em grande maioria internamente por unidades produtoras de biogás,

Gestão do Digestato

mas ainda pouco explorado financeiramente no Brasil, enfrenta desafios técnicos e financeiros que claramente são refletidos em oportunidades.

Durante a digestão anaeróbia a maior parte dos nutrientes presentes nos substratos são mineralizados. Este efeito é mais observado nos teores de nitrogênio, presentes principalmente na forma orgânica nos dejetos e resíduos e com baixo potencial de aproveitamento pelos vegetais. Os microrganismos anaeróbios transformam uma parcela do nitrogênio orgânico em amônia (NH_4), forma mineral do nitrogênio e que pode ser rapidamente aproveitada pelos vegetais.



Além disso, o digestato possui menores relações C/N, quando comparado com os resíduos orgânicos sem tratamento. Isto ocorre porque parte do carbono de maior biodegradabilidade é transformado em biogás (CO_2 e CH_4) dentro dos reatores anaeróbios. A aplicação de dejetos animais sem o devido tratamento no solo aumenta a quantidade de carbono de fácil degradação e de nitrogênio orgânico, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos que competem com as raízes das plantas pelo oxigênio e nitrogênio disponível. O digestato, ao possuir maiores concentrações de nitrogênio em sua forma mineral e menores concentrações de carbono orgânico de fácil biodegradação, pode substituir parte da adubação química, gerando benefícios ambientais, agrícolas e econômicos para as propriedades rurais.

3. DIGESTATO OU BIOFERTILIZANTE?

O termo “digestato” é utilizado internacionalmente para classificar o efluente produzido a partir do processo de digestão anaeróbia. No Brasil, esta denominação vem tomando frente em substituição ao termo biofertilizante, ainda comumente utilizado, principalmente por produtores rurais, que possuem plantas de biogás alimentadas com dejetos animais. Entretanto, a denominação biofertilizante é abrangente, haja vista que também pode englobar a matéria orgânica resultante de processo aeróbios como a compostagem ou os adubos preparados como o supermagro, biofertilizante utilizado na produção agroecológica.

Para que o digestato seja classificado como biofertilizante, deve-se assegurar que suas características sejam condizentes com aquelas estabelecida pela Instrução Normativa MAPA nº 61 de 2020.”

Visando estabelecer regras relacionadas às definições, especificações e demais aspectos relacionados aos fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), publicou a Instrução Normativa (IN) nº 61/2020, classificando o biofertilizante como:

“Produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante”.

Ao se caracterizar o efluente de um reator como biofertilizante, parte-se do pressuposto que esse material tem, de maneira geral, atributos de um fertilizante com composição nutricional essenciais ao desenvolvimento vegetal. Portanto, o termo digestato por si só, não implica em um produto com potencial agrônomico garantido após o processo de digestão anaeróbia. Para isso, ele deve ser analisado a partir de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Mas afinal, o que é o digestato?

O digestato é um produto sólido ou líquido gerado em plantas de biogás por meio da digestão anaeróbia, com características que dependem do tipo de substrato, teor de sólidos durante a operação do reator, eficiência do sistema em termos de degradação da matéria orgânica e pós-tratamentos mecânicos, térmicos e físico-químicos aplicados ao digestato.

Nas próximas sessões, serão abordados os principais aspectos relacionados ao digestato, sendo divididos em 3 grupos:

- Composição do digestato;
- Manejo do digestato;
- Aplicações do digestato.

4. COMPOSIÇÃO DO DIGESTATO

A caracterização do digestato permite quantificar os principais compostos presentes e caracterizá-lo como um material com ou sem potencial fertilizante. Os principais fatores que afetam a composição do digestato são apresentados na Figura 2.



Figura 2 – Principais fatores que interferem a composição do digestato

Gestão do Digestato

Em linhas gerais, quaisquer variações no manejo dos substratos e nas características operacionais relacionadas ao tratamento deste material podem influenciar na composição. Dentre os diversos compostos do digestato com efeitos benéficos para o solo, microrganismos e plantas, destacam-se os macronutrientes (nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e enxofre (S)) e os micronutrientes (boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn)). Além disso, o digestato ainda pode conter compostos indesejáveis como os metais pesados (Pb), cromo (Cr), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) que podem estar presentes nas dietas dos animais ou nos processos industriais e agroindustriais que deram origem aos substratos. Valores médios dos principais macronutrientes encontrados nos dejetos animais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios de caracterização de diferentes dejetos animais e comparação com dejetos após a digestão anaeróbia

Fonte	Sólidos totais (%)	N total (kg/t)	NH ₄ -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	pH
Dejeto bovino	6,0	5,0	2,8	0,8	3,5	6,5
Dejeto suíno	4,0	5,0	3,8	1,0	2,0	7,0
Dejeto suíno digerido	2,8	5,0	4,0	0,9	2,8	7,5

Fonte: Al Saedi et al. (2008).

Dica de boas práticas

Quantificar os principais compostos presentes no digestato é indispensável para obtenção de concentrações necessárias de dosagem para cada nutriente necessário no solo, visto que cada tipo de nutriente possui características e atuações distintas nas plantas.

5. MANEJO DO DIGESTATO

O manejo do digestato deve ser considerado uma ação fundamental em plantas de biogás e o planejamento quanto às possíveis formas de utilização requer ações antes mesmo da alimentação dos reatores, pois pode impactar

tanto na eficiência de produção de biogás quanto nas características de composição do digestato.

O uso final e a forma de aplicação do digestato definem as ações de manejo necessárias. Dentre os modelos de manejo mais comuns na Região Sul do Brasil, observam-se o armazenamento temporário para posterior aplicação no solo e a separação sólido-líquido para posterior aplicação. Nesta sessão serão detalhadas as tecnologias para adoção da separação sólido-líquido

5.1 Separação sólido-líquido

A separação sólido-líquido é uma técnica de manejo comum em plantas de biogás, uma vez que produz duas frações com características e objetivos de utilização distintos. Quando separada, a **fração sólida** pode ser aplicada no solo como fertilizante ou condicionador de solo, utilizada na compostagem como substrato ou ainda beneficiada e comercializada segundo parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira (IN MAPA Nº 61/2020). A vantagem de aplicação da fração sólida do digestato em leiras de compostagem é a remoção de organismos patogênicos que podem estar presentes mesmo após a digestão anaeróbia. Os processos aeróbios durante a compostagem atingem temperaturas termofílicas (>60 °C) por alguns dias, resultando em um composto bioestabilizado, ou seja, livre de organismos patogênicos. Além disso, parte da fração carbonácea de mais difícil degradação que não é consumida nos reatores anaeróbios é degradada pelos microrganismos aeróbios na compostagem, resultando em um material com melhores concentrações de matéria orgânica mineralizada.

A **fração líquida** pode ser fertirrigada em lavouras, tratada para a disposição em corpos hídricos ou ainda recirculada no processo de digestão anaeróbia. A recirculação do digestato traz benefícios ao processo de digestão anaeróbia, especialmente quanto à reintrodução de microrganismos, que aumentam os níveis de degradação da matéria orgânica e, neste caso, permitem aumentar a carga de alimentação do reator, ainda, ao aumento na concentração de alcalinidade do sistema devido à degradação do nitrogênio reintroduzido. Cabe ressaltar que a recirculação requer estudos técnicos de viabilidade, visto que o elevado conteúdo de amônia presente na fração líquida pode inibir a

Gestão do Digestato

atividade metanogênica dos microrganismos e resultar em diminuição da produção de biogás, quando realizada sem planejamento prévio. As principais vantagens e desvantagens da separação sólido-líquido são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Avaliação comparativa sobre separação sólido-líquido

Vantagens	Desvantagens
Produção de uma fração seca empilhável e uma fração líquida bombeável.	Custo de implantação e manutenção de tecnologia para separação sólido-líquido.
Redução do volume de líquido que requer armazenamento.	Gasto energético para separação das frações.
Número maior de alternativas para a aplicação das frações líquida e sólida.	Adoção de processo de tratamento para adequar a fração líquida aos padrões de lançamento de efluentes, quando necessário.
Diminuição da necessidade de diluição do material antes da aplicação por fertirrigação.	Gasto energético para beneficiamento da fração sólida.

Fonte: Adaptado de Lukehust et al. (2010).

Importante destacar

Analisar as tecnologias disponíveis para a planta de biogás bem como as características físicas, químicas e biológicas do digestato são fundamentais para garantir a tomada de decisão mais assertiva, levando em conta os fatores econômicos e processuais envolvidos.

5.2 Tecnologias de separação sólido-líquida

A escolha da tecnologia para a separação das frações está relacionada às características físicas do digestato. Partículas com dimensões superiores a 1 mm, caracterizadas como sólidos mais grosseiros, apresentam melhor eficiência de separação por meio de peneiras e prensas. Para partículas com dimensão inferior a 1 mm, a técnica mais eficaz normalmente utilizada é a sedimentação, seja ela por gravidade ou por meio de centrífugas (BURTON, 2007; HOLLAS, 2018).

Gestão do Digestato

A fração sólida resultante contém cerca 10% a 40% de sólidos totais (ST) e a fração líquida entre 0,5% a 8% de ST. As variações são decorrentes da característica do digestato e da eficiência de separação tecnologia utilizada.

Principais equipamentos para separação de sólidos

Prensa parafuso (*screw press*): um parafuso pressiona o digestato contra uma tela cilíndrica, fazendo com que a fração líquida saia do separador pela peneira. A pressão aumenta à medida em que o material avança ao longo do separador, devido ao aumento do diâmetro do parafuso. A fração sólida é removida ao final da prensa (Figura 3), onde a resistência pode ser ajustada mecanicamente. Para digestatos com baixo teor de fibras pode ser necessária a adição de polímeros para aumentar a eficiência de separação.

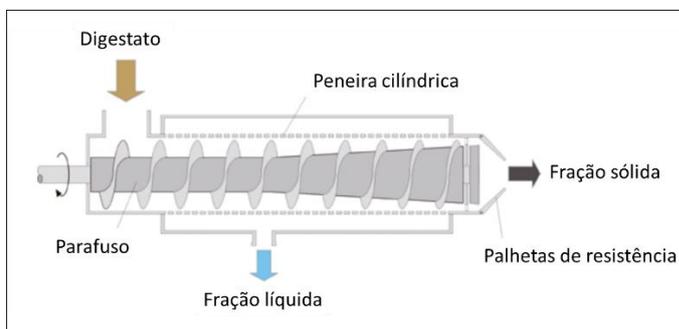


Figura 3 – Prensa parafuso (*screw press*)

Fonte: Adaptado de Drosig *et al.* (2015) e Fachverband Biogas (2018).

Centrífuga *decanter*: as partículas são separadas por meio da força centrífuga do equipamento. A separação depende da dimensão e formato das partículas, da diferença de densidade entre elas e da viscosidade do fluido. As partículas separadas se acumulam nas paredes do cilindro e são transportadas sendo posteriormente comprimidas por um parafuso (Figura 4).

Gestão do Digestato

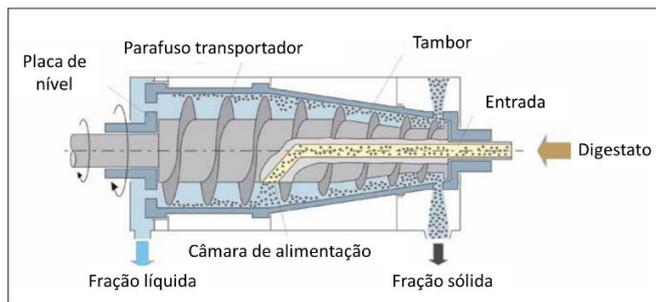


Figura 4 – Centrífuga *decanter*

Fonte: Adaptado de Drosig et al. (2015) e Fachverband Biogas (2018).

Peneira estática: o digestato entra pela parte superior do equipamento e é despejado sobre um tela vincada, que pode ter aberturas entre 0,1 mm a 5,0 mm. Quanto menor a abertura da tela, menores as partículas capazes de serem retidas e maiores as chances de colmatação. A fração líquida que passa pela tela é captada na parte inferior do equipamento, enquanto os sólidos retidos na tela são depositados na calha de sólidos. Esse é um equipamento simples e de baixo custo que pode ser acoplado em uma escova rotativa para facilitar a remoção dos sólidos da tela (Figura 5).

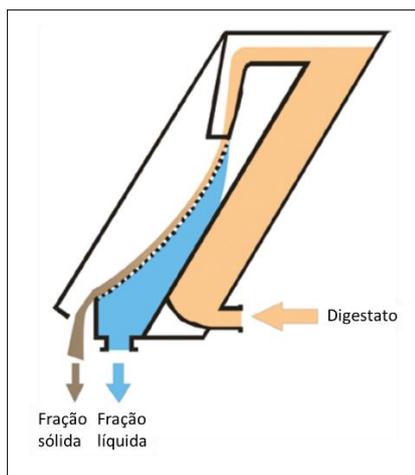


Figura 5 – Peneira estática

Fonte: Adaptado de Drosig et al, 2015; Acervo CIBiogas.

As tecnologias mencionadas possuem condições operacionais e níveis de investimento distintos, a Tabela 3 expressa uma comparação entre os equipamentos de separação sólido-líquido.

Tabela 3 – Comparação entre as tecnologias de separação de sólidos

Gestão do Digestato

Equipamento	Valor de investimento	Custo operacional	Complexidade operacional	Gasto energético	Eficiência de separação ¹
Prensa parafuso	\$\$	\$\$	++	++	++
Centrífuga <i>decanter</i>	\$\$\$	\$\$\$	+++	+++	+++
Peneira estática	\$	\$	+	+	+

¹Com o uso de polímeros, a eficiência de separação de sólidos pode aumentar.

\$ baixo investimento; \$\$ médio investimento e \$\$\$ alto investimento.

+ baixo; ++ médio e +++ alto.

Exemplificando – Estudo de caso

A unidade Statz V Farm, localizada em Wisconsin – EUA, opera um reator com os efluentes gerados a partir da criação de 2.200 vacas leiteiras. Todo o substrato gerado é utilizado em um sistema de digestão anaeróbia com tecnologia exclusiva de uma empresa americana. Este equipamento opera com taxa de sólidos de 10% – 11%, descartando a necessidade de separação sólido-líquida do material antes da entrada no reator.

Após o período de retenção hidráulica de aproximadamente 22 dias, o digestato é submetido a um processo de extrusão (Figura 6). A fração líquida é direcionada para aproveitamento de fósforo e a fração sólida retorna como cama das vacas leiteiras.



Figura 6 – Extrusora operando com dejetos bovinos
Fonte: Acervo CIBiogás

A adoção da fração sólida estabilizada como cama de vacas contribuiu nesta planta com a redução na contagem de bactérias, o que por sua vez, contribui com o aumento das condições sanitárias locais. É interessante destacar que nesta unidade a cada 100 vacas obtém-se 1 tonelada de cama por dia, em que 50% da cama gerada é utilizada e os demais 50% são vendidos por U\$ 25,00 tonelada úmida.

6. APLICAÇÃO DO DIGESTATO

As aplicações de fertilizantes em solos são geralmente realizadas de forma independente da origem do material (mineral ou orgânica), pois visam suprir a demanda de nutrientes necessários para o desenvolvimento das culturas agrícolas e otimizar a produtividade (relação área x plantio). A absorção dos nutrientes é realizada pelo sistema radicular das plantas e estes podem estar presentes no próprio solo ou serem frutos de fertilização suplementar. Portanto, solos mais férteis demandam a aplicação de doses menores de fertilizantes quando comparado aos solos mais pobres em nutrientes (KUNZ et al., 2019).

A aplicação deve estar condicionada à realização de análises físico-químicas do solo e do digestato. Além disso, é necessário que a recomendação

Gestão do Digestato

da quantidade aplicada seja realizada por técnico especializado. Recomenda-se que **a aplicação seja baseada pelo teor de fósforo (P)** no solo, pois, em geral, é o nutriente com maior carga. Usualmente utiliza-se a adubação de manutenção como base para a tomada de decisões.

Devido às elevadas concentrações de alguns micronutrientes como o Cu e o Zn, principalmente quando o digestato é proveniente do tratamento de efluentes da suinocultura, é necessária a análise periódica tanto antes como após a aplicação do digestato, uma vez que é vetada a aplicação desses nutrientes em grandes quantidades.

As recomendações devem basear-se também no tipo de cultura adotada na área em que será aplicado e principalmente na capacidade que o solo possui para receber este material, ou seja, sua capacidade de resiliência. No sul do Brasil, as culturas que mais recebem digestato são pastagem, milho e soja.

Atenção

Não é recomendada a aplicação de digestato sem pasteurização prévia em hortaliças ou alimentos consumidos crus, devido aos possíveis patógenos que ainda possam estar presentes, mesmo após ser submetido a tratamento pelo biodigestor. Recomenda-se adota um plano de aplicação do digestato no solo, considerando todas as características envolvidas no processo (Figura 7).

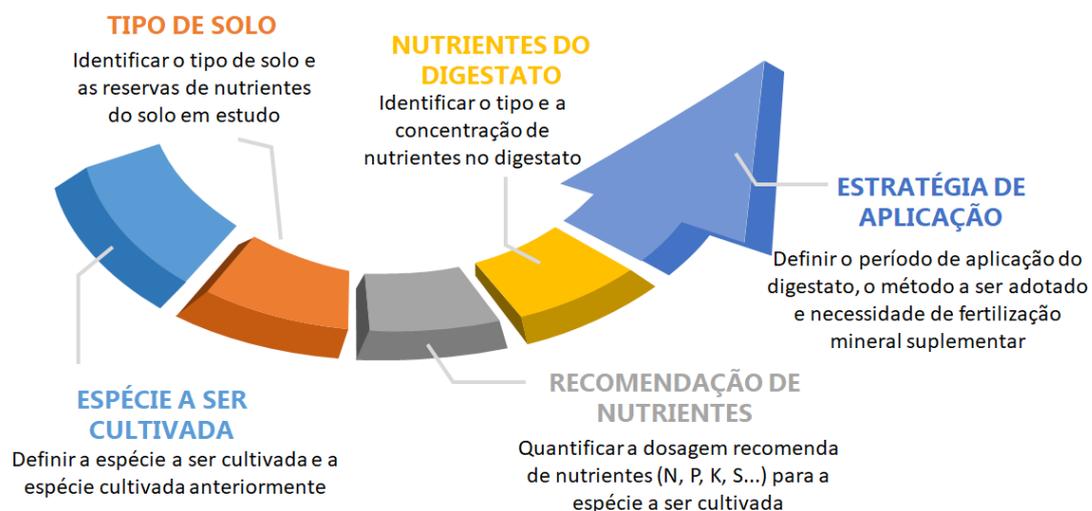


Figura 7 – Ações a serem consideradas para a elaboração do plano de aplicação do digestato no solo.

6.1 Tecnologias para aplicação do digestato

A definição do método de aplicação depende das características físicas do digestato (líquido ou sólido) e na quantidade que se deseja aplicar. A Figura 8 expressa as principais tecnologias adotadas.

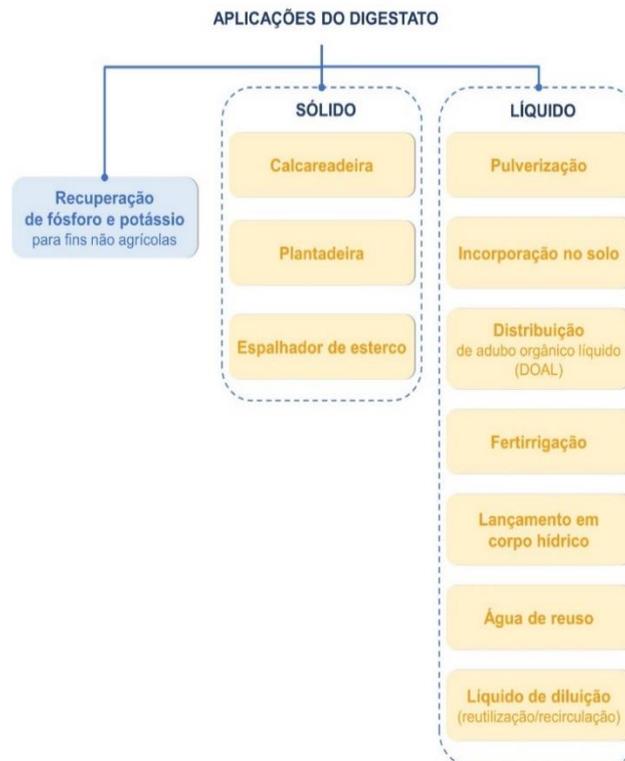


Figura 8 – Aplicações do digestato.

Dentre as aplicações do digestato, a mais comum ocorre na lavoura ou em pastagens. Esta ação pode ser realizada por tanques aspersores acoplados ao trator ou mesmo em caminhões, com um dispositivo de chapa metálica realizando a aspersão (Figura 9 a). Outra forma de utilização é por meio da fertirrigação via tubulações e aspersão do líquido (Figura 9 b).

Gestão do Digestato

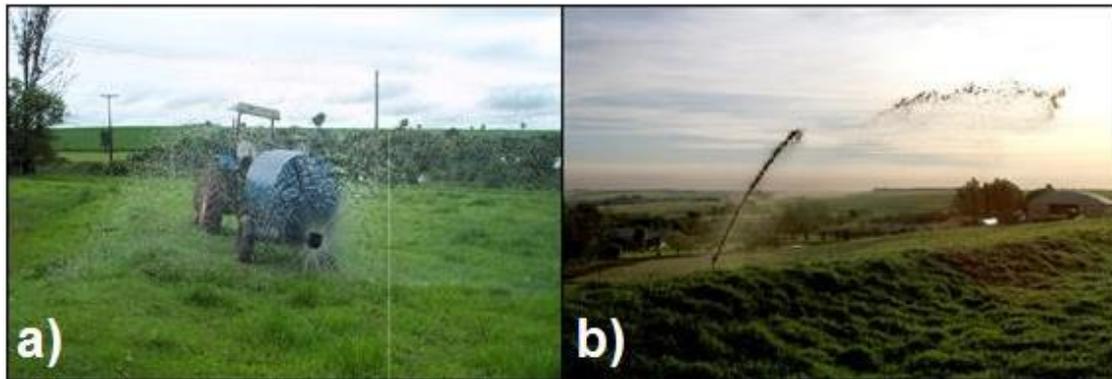


Figura 9: Aplicação do digestato líquido. a) tanque aspersor; b) fertirrigação
Fonte: Acervo CIBiogás

Atenção

Como o nitrogênio na forma de amônia possui elevada volatilidade, que se intensifica com o aumento da temperatura, é importante minimizar a área de contato entre o digestato líquido e o ar após a aplicação no solo, visando minimizar a volatilização da amônia. Realizar a aspersão fora de horários de picos de calor reduz este efeito adverso.

Quando realizada a separação das frações, o digestato (fração sólida) passa a apresentar maior concentração de nutrientes. Esse digestato sólido, após um processo de secagem, pode ser aplicado no solo com o uso de calcareadeiras (Figura 10a) ou transformado em grânulos para ser utilizado em plantadeiras convencionais (Figura 10b). O processo de granulação é uma atividade que está se tornando comum em áreas com grande utilização de digestato como fertilizante orgânico.



Figura 10: Aplicação do digestato sólido. a) calcareadeiras; b) plantadeira convencional.

Fonte: Acervo CIBiogás

A utilização do digestato na forma sólida é mais simples, pois sua aplicação pode ser realizada com os maquinários e implementos comumente presentes nas propriedades rurais. Diferentemente dos fertilizantes minerais, os fertilizantes orgânicos possuem concentrações variáveis e desbalanceadas de cada nutriente (NPK) caracterizadas pela presença de tais moléculas nas rações e pelo sistema digestivo de cada tipo de animal, ou ainda pela característica de origem do substrato (em caso de resíduos ou efluentes de agroindústrias, saneamento, entre outros).

6.2 Efeito da aplicação do digestato no solo

A aplicação do digestato no solo fornece nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas e possui efeito positivo no solo, aumentando o teor de matéria orgânica, melhorando a capacidade de retenção de água no solo (CRA), que é a propriedade de um material reter água, determinado pela massa de água retida em relação à massa seca do produto, expresso em percentual (massa/massa) e a capacidade de troca catiônica (CTC), que é a quantidade total de cátions adsorvidos por unidade de massa, expresso em mmolc kg^{-1} .

A forma como o digestato é manejado também altera a atuação nas características do solo. A fração sólida do digestato concentra maiores teores de carbono, com maior efeito nas propriedades físicas e microbiológicas do solo, atuando como um condicionador. Na fração líquida, a maior parte dos nutrientes está na forma iônica, prontamente disponíveis para a planta, atuando como fertilizante líquido, juntamente com a água para irrigação.

O efeito do digestato pode variar de acordo com cada tipo de solo. Solos mais arenosos são saturados mais rapidamente com os nutrientes, que são liberados para a água. Solos mais argilosos são mais resistentes e capazes de suportar doses maiores de nutrientes, permitindo o aproveitamento mais duradouro pelas plantas.

Gestão do Digestato

Por outro lado, a aplicação de digestato sem o manejo adequado pode causar problemas ambientais relacionados às perdas dos nutrientes do solo para rios, lençóis freáticos e para o ar, por meio de lixiviação, escoamento superficial ou volatilização para a atmosfera. Quando o N e o P são aplicados em excesso, tanto na fertilização mineral quanto na orgânica, podem ser carregados pela chuva para corpos d'água, podendo causar eutrofização, fenômeno chamado de lixiviação, quando a água de arraste traz consigo partículas solubilizadas do meio sólido. O relevo também contribui para o escoamento superficial dos nutrientes, uma vez que em relevos acidentados o material tende a escoar mais. A composição do solo também pode contribuir para o escoamento superficial, pois solos mais arenosos perdem mais nutrientes para a água do que solos argilosos.

Atenção!

A presença de matéria orgânica composta por carbono mais recalcitrante e substâncias coloidais (húmicas e fúlvicas), geradas principalmente pela degradação de compostos vegetais durante a compostagem, faz com que as partículas de areia se liguem às partículas coloidais, aumentando a formação de agregados do solo e minimizando os processos de erosão/lixiviação e, conseqüentemente, o menor arraste de nutrientes para os corpos hídricos, mantendo-os próximos às raízes das plantas.

Em relação ao nitrogênio, por este ser um nutriente de rápida transformação no ambiente, os impactos ambientais decorrentes da aplicação em grandes quantidades no solo estão relacionados às formas variadas, principalmente ao nitrato (NO_3), que, dependendo da concentração, torna-se uma substância contaminante no ambiente. O nitrato é a forma mineralizada de nitrogênio mais facilmente absorvida pelas raízes das plantas. Porém, a elevada concentração pode se tornar um problema, principalmente se houverem condições favoráveis de lixiviação.

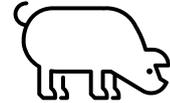
A aplicação do digestato em períodos de menor demanda por nutrientes pela planta também favorece a lixiviação. Como as plantas absorvem a maior parte dos nutrientes no estágio inicial de desenvolvimento até o florescimento, a aplicação de digestato após este período favorece o acúmulo de nutrientes sem

Gestão do Digestato

que este seja necessariamente absorvido e aumente o potencial de lixiviação, principalmente em períodos chuvosos.

Exemplificando – Suinocultura

Digestato proveniente de dejetos suínos possui altas concentrações de cobre (Cu) e zinco (Zn). Apesar de geralmente apresentarem concentrações abaixo da admitida pela legislação brasileira (IN MAPA Nº 61/2020), o manejo inadequado por longos períodos pode conduzir para um processo de acúmulo no solo, assim como ocorre com o uso dos dejetos suínos.



Exemplificando – Resíduos alimentares



O digestato proveniente de resíduos alimentares pode conter altas concentrações de sódio (Na), indicando risco potencial para o solo se aplicado indiscriminadamente ao longo do tempo, principalmente em solos que já apresentam elevado teor de sodicidade. A quantidade extra de sódio pode prejudicar a estrutura do solo e o crescimento das plantas, pois a alta concentração de eletrólitos em solos argilosos deixa a matéria orgânica menos acessível à decomposição microbiana em solos afetados por salinidade. Entretanto, com análises de solo e análise do digestato, esses riscos podem ser previstos e evitados (PAWLETT e TIBBETT, 2015).

7. MERCADO DO DIGESTATO E VALORAÇÃO

O Brasil importa grande parte dos fertilizantes usados na agricultura. Segundo dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), no ano de 2017, de 34 mil toneladas de fertilizante ofertado (produção nacional + importação) no Brasil, **76% vieram de importação e apenas 24% foram**

Gestão do Digestato

produzidos nacionalmente (VEGRO, 2018). Esses dados mostram o quanto o país é dependente do produto internacional e sujeito a variações cambiais. Ao mesmo tempo, demonstra uma possibilidade de desenvolvimento e crescimento do uso dos fertilizantes orgânicos no mercado nacional, o que inclui a comercialização do digestato.

Dentre as possibilidades para agregação de valor do digestato pode-se destacar a peletização e a produção de organominerais. A **peletização** necessita de teores acima de 85% de sólidos totais, durante o processo de produção é necessário o emprego de temperaturas superiores a 70 °C, com isso têm-se a higienização do material quando necessária. Já para produção de **organominerais** é realizada a inserção de nutrientes minerais complementares, para atender as necessidades nutricionais de cada cultura, está também é considerada uma forma de agregar ainda mais valor ao digestato sólido.

Exemplificando:

Se a intenção for comercializar o digestato como um fertilizante orgânico ou condicionador de solo, e não como organomineral, uma alternativa é realizar a equivalência do produto com o valor de comercialização da cama de frango na região. Em estudo realizado por Nicoloso (2014), considerando os teores totais de NPK constantes na cama de frango e o valor de venda por tonelada nos estados do RS, SC e PR (R\$ 34,00, R\$ 55,00 e R\$ 45,00, respectivamente), o valor calculado para a comercialização do digestato de uma usina de biogás, considerando os teores de NPK e umidade de 50% seria de R\$ 138,00, R\$ 223,54 e R\$ 182,90 por tonelada, respectivamente para esses estados. Porém, ao considerar o valor atualizado para o ano de 2019 da cama de frango esse valor seria maior.



A Tabela 4 recalcula o valor de mercado calculado por Nicoloso (2014) para o ano de 2019, com base nos dados médios do valor da cama de frango, obtidos no site da CONAB (2020).

Tabela 4 - Teor de nutrientes disponíveis e do valor comercial do digestato sólido

Gestão do Digestato

Nutriente	Cama	Digestato usina de biogás
Umidade (%)	50%	50%
N (kg/t)	10	62
P ₂ O ₅ (kg/t)	16	81
K ₂ O (kg/t)	18	32
Total (kg/t)	43	175
Valor de mercado do fertilizante em base úmida (R\$/t)		
RS	100,8	409,2
SC	167,5	679,9
PR	127,5	517,6
Valor agregado do digestato sólido		
Produção (t/ano)	6.387	
RS (R\$/ano)	2.613.560,4	
SC (R\$/ano)	4.342.521,3	
PR (R\$/ano)	3.305.911,2	

Fonte: Adaptado de Nicoloso (2014) e CONAB (2020).

7.1 Comercialização do digestato: mito ou realidade?

No Brasil, a comercialização do digestato não é especificamente regulamentada por nenhuma resolução. No entanto, devido às suas concentrações de nutrientes e qualidades que beneficiam o solo, o digestato pode ser enquadrado como fertilizante orgânico, biofertilizante ou condicionador de solo pela IN n° 61, de 8 de julho de 2020, do MAPA, e comercializado seguindo as especificações exigidas por essa instrução normativa.

O processo de comercialização do digestato como fertilizante orgânico, biofertilizante ou condicionador de solo pode se dar de duas maneiras: pela venda do digestato diretamente como um produto de “prateleira” ou pela venda como um material secundário (matéria prima para a fabricação de produtos ou

para uso direto na agricultura). Em ambos os casos, o empreendimento comercializador precisa ser cadastrado no MAPA e o produto deve ser analisado para a sua caracterização por laboratórios cadastrados no MAPA, seguindo as metodologias descritas no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos (BRASIL, 2017).

Mais informações sobre o cadastro e registro de produtos no MAPA podem ser obtidas no site do Governo Federal, através do link: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/registro-estab-e-prod> ou abrindo um pedido de consulta formal para o MAPA com os dados do produto.

O processo de regularização pelo MAPA para comercialização do digestato como produto pode ser moroso, portanto, recomenda-se que os ganhos financeiros com a comercialização do digestato para a receita da planta de biogás seja considerada a partir de 2 anos do início da operação da planta.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a digestão anaeróbia como uma importante opção de gerenciamento de resíduos orgânicos no Brasil, o manejo do digestato, bem como sua caracterização do ponto de vista físico, químico e biológico contribuem para o desenvolvimento mercadológico desse insumo no cenário agrícola, direcionado à gestão adequada de um potencial fertilizante.

Os resultados de estudos referentes ao aproveitamento do digestato como fertilizante, bem como as diferentes alternativas de tratamento e disposição no solo podem possibilitar maior inserção do digestato na realidade nacional, contribuindo para que essa fonte de nutrientes seja utilizada em toda a sua potencialidade, cooperando para diversificação da matriz de insumos, a reciclagem de nutrientes e a economia circular.

Por fim, reforça-se a necessidade da abrangência de normativas que abordem o processo de digestão anaeróbia, a fim de estabelecer e regulamentar parâmetros operacionais do processo, bem como de qualidade do digestato como um produto, dada a importância desta tecnologia.

AGRADECIMENTOS

A presente nota é resultado do esforço empreendido em parceria com pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Tecnologias de Produção e Purificação do Biogás (TPPBio) da UTFPR-Medianeira pela colaboração técnico-científica no desenvolvimento deste material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL SAEDI, T., RUTZ, D., PRASSL, H., KOTNER, M., FINSTERWALDER, T., VOLK, S., JANSSEN, R. **Biogas Handbook**. University Of Southern Denmark, Odense/Dinamarca, 2008, 126 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA. 240 p. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 61, de 08 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura**. Diário Oficial da União, 2020.

BURTON, C. H. **The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure**. Livestock Science, v. 112, n. 3, p. 208–216, 2007.

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

CIBIOGÁS. **Diagnóstico da expansão da adoção da tecnologia de Tratamento de Dejetos Animais (TDA) no território brasileiro entre 2010 e 2019**. 50 p. Disponível em:

<https://mapa.cibiogas.org/download/notatecnica?utm_source=mailchimp&utm_campaign=0300349be1f0&utm_medium=page>. Acesso em: 05 jun. 2020.

DROSG, B. et al. **Nutrient recovery by biogas digestate processing**. Dublin: IEA Bioenergy, 2015.

FACHVERBAND BIOGAS e.V. German Biogas Association – **Digestate as fertilizer**. Disponível em: digestate-as-fertilizer.com. 2018. Acesso em 01 ago. 2020.

HOLLAS, C. E. **Sedimentação como estratégia de separação sólido-líquido e sua influência na remoção biológica de nitrogênio de dejetos suínos**.

Gestão do Digestato

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas-Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, p.66, 2018.

KUNZ, A.; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; DO AMARAL, André Cestonaro. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato.** Embrapa Suínos e Aves-Livro científico, p. 95-108, 2019.

GEF Biogás Brasil. Projeto de Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira. **Panorama de tecnologias aplicadas no agronegócio de biogás e biometano.** 2019.

PAWLETT M., TIBBETT, M. **Is sodium in anaerobically digested food waste a potential risk to soils?** Sustain. Environ. Res., n. 25(4), p. 235-239, 2015.

VEGRO, C. L. R. **Mercado de Fertilizantes: aumento das importações preocupa.** Análises e Indicadores do Agronegócio, v. 13, n. 4, 2018.



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

