

BIODIGESTOR EM CONFINAMENTO DE GADO DE CORTE

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.037-124>

Leandro de Oliveira Silva

Mestrando em Produção Agropecuário Sustentável
Universidade Estadual do Norte do Paraná - campus Luiz Meneghel
Bandeirantes, Paraná, Brasil
E-mail: escrevaparaleandro@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-0111-6377>
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5824525027349064>

Petrônio Pinheiro Porto

Doutor em Zootecnia
Universidade Estadual do Norte do Paraná - campus Luiz Meneghel
Bandeirantes, Paraná, Brasil
E-mail: petronio@uenp.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2808-2533>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1751366795715746>

Emília de Paiva Porto

Doutora em Zootecnia
Universidade Estadual do Norte do Paraná - campus Luiz Meneghel
Bandeirantes–Paraná, Brasil
E-mail: emilia@uenp.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2808-2533>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7968074715970358>

Marcos Augusto Alves da Silva

Doutor em Zootecnia
Universidade Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes, Paraná, Brasil
E-mail: marcossilva@uenp.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5570-8677>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4973981237909142>

Tiago Marques Mantovani

Mestrando em Produção Agropecuário Sustentável
Universidade Estadual Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes, Paraná, Brasil
E-mail: tmmantovani@hotmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4861215006269745>



Pedro Henrique da Silva

Mestrando em Produção Agropecuário Sustentável
Universidade Estadual Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes, Paraná, Brasil
Bolsista CAPES

E-mail: pedrouenpbio@gmail.com

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0186159403434154>

Denis Sato

Pós - doutorando em Produção Agropecuária Sustentável
Universidade Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes, Paraná, Brasil
Bolsista CAPES

E-mail: denissato@alumni.usp.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0804-9928>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8939110502384474>

Amanda Ipólito Coneglian

Graduanda em Agronomia
Universidade Estadual Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes, Paraná, Brasil
Bolsista Fundação Araucária

E-mail: amandaiconeglian@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-5178-4836>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4096443468305181>

RESUMO

Este estudo aborda a implementação de biodigestores em sistemas de confinamento de gado de corte, uma atividade econômica de grande relevância, porém, que enfrenta desafios significativos no manejo de resíduos. A pesquisa destaca a transformação de resíduos em recursos valiosos, como biogás e biofertilizantes, e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Através de uma revisão bibliográfica sistemática e análise documental, foi realizada uma pesquisa teórica, que abrangeu literatura acadêmica de várias décadas. Os resultados indicam que os biodigestores oferecem uma solução eficaz para o manejo de resíduos na pecuária de corte, contribuindo para a redução de resíduos e emissões nocivas e promovendo a circularidade dos recursos na propriedade. No entanto, a implementação desses sistemas não está isenta de desafios, incluindo a necessidade de pessoal qualificado para operação e manutenção, a corrosão de equipamentos pelo gás sulfídrico e a logística complexa de manejo do gado e tratamento do chorume. Apesar desses desafios, a integração de biodigestores na pecuária de corte é uma abordagem promissora que oferece benefícios substanciais para a produção agrícola e a preservação ambiental. A adoção dessa tecnologia pode contribuir significativamente para a sustentabilidade da pecuária de corte, transformando desafios em oportunidades e promovendo um modelo de produção mais equilibrado e eficiente. A continuidade desses esforços pode pavimentar o caminho para práticas agropecuárias mais sustentáveis no futuro.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Manejo de Resíduos. Biogás. Biofertilizantes. Boas Práticas Agrícolas.

1 INTRODUÇÃO

A produção de gado de corte é um componente crucial da agroindústria global, fornecendo proteínas essenciais para a dieta humana. De acordo com Cepea (2023), a produção de carne bovina no Brasil alcançou um recorde de 8,91 milhões de toneladas em 2023, um aumento de 11,2% em relação a 2022. Isso coloca o Brasil como um dos principais produtores de carne bovina do mundo, com uma indústria que é tanto quantitativa quanto qualitativa, com instalações tecnológicas e sustentáveis que garantem mais qualidade, redução do desperdício e manutenção do bem-estar animal.

No entanto, apesar desse crescimento significativo, a indústria enfrenta desafios ambientais consideráveis, especialmente no que diz respeito ao manejo de resíduos. Com as crescentes discussões sobre créditos de carbono e mudanças climáticas, a necessidade de boas práticas agrícolas e inovações sustentáveis no agronegócio, o mercado agroindustrial tem buscado urgentemente novas soluções sustentáveis. Nesse contexto, a construção e operação de um biodigestor em um sistema de confinamento de gado surge como uma estratégia promissora para o manejo adequado de resíduos e para a geração de novas receitas para a propriedade, com biogás e biofertilizantes, fechando um ciclo de autonomia energética (Carvalho e Zen, 2017).

O sistema agropecuário de confinamento produz uma quantidade significativa de resíduos, trazendo consigo um problema sanitário que pode transmitir doenças para humanos e animais. Os biodigestores, quando corretamente projetados e implementados, podem transformar resíduos em recursos valiosos, fechando o ciclo de nutrientes e minimizando o desperdício (Fernandes, 2021). Durante a fase de terminação, o sistema de confinamento torna-se um cenário favorável para lidar com os resíduos produzidos pelos bovinos de corte. A implementação de tecnologias como o biodigestor nesse contexto traz benefícios consideráveis para os produtores e para o setor pecuário nacional. Essas vantagens incluem a transformação do esterco bovino em biogás e biofertilizantes, o que ajuda a reduzir a quantidade de resíduos sólidos, minimizando os impactos ambientais negativos. Além disso, essa prática oferece uma oportunidade para a diversificação das receitas na propriedade.

A partir da digestão anaeróbia do esterco bovino, ocorre a produção de biogás, uma fonte de energia versátil que pode ser utilizada para aquecimento, geração de eletricidade ou como alternativa aos combustíveis convencionais. Isso contribui para atender às necessidades energéticas da propriedade, reduzindo os custos com energia (Lins, Furtado e Mito, 2022). O uso do biogás como substituto aos combustíveis fósseis não apenas contribui para a redução das emissões de CO₂, mas também desempenha um papel crucial na diminuição do metano, um potente gás de efeito estufa. Este benefício é particularmente relevante no contexto do manejo de dejetos provenientes de diversas fontes, principalmente resíduos animais. (Manso e Mendes, 2007 e Silva 2024).

O resíduo sólido resultante do processo de digestão, chamado de digestato, é um fertilizante orgânico rico em nutrientes que pode ser aplicado na agricultura, fortalecendo a sustentabilidade do

solo e reduzindo a dependência de insumos químicos (Nicoloso, 2019). A implantação de biodigestores e outras práticas sustentáveis não apenas melhora a imagem da propriedade perante a sociedade, mas também agrega valor aos produtos agropecuários e fortalece a competitividade do produtor no mercado.

No entanto, a adoção generalizada dessa tecnologia enfrenta desafios, como os custos iniciais elevados, a necessidade de conhecimento técnico especializado para operar o sistema, a variação na produção de biogás e as complexidades logísticas associadas à coleta e transporte de esterco em propriedades de médio e pequeno porte (Lins, Furtado e Mito, 2022).

O objetivo deste trabalho é examinar a aplicação e os impactos da implementação de biodigestores em sistemas de confinamento de gado de corte no Brasil, destacando a transformação de resíduos em recursos valiosos, como biogás e biofertilizantes, e discutindo os desafios e oportunidades associados a essa prática sustentável.

2 METODOLOGIA

Este estudo empregou uma metodologia que engloba uma revisão bibliográfica sistemática, fundamentada nos princípios da metodologia PRISMA (Galvão, 2015), e uma análise documental. A pesquisa teórica abrangeu literatura acadêmica de várias décadas, com fontes de pesquisa em inglês e português obtidas através da base de dados do Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas foram “tratamento de resíduos em confinamento de gado de corte”. Devido à ausência de resultados suficientes, a busca foi expandida para “confinamento de gado de corte” no período de 1980 até a data atual, resultando em 177 publicações.

Adicionalmente, foram consultados bancos de dados de instituições de pesquisa renomadas, como Itaipu, Embrapa e Emater, bem como sites de empresas de biodigestores em todo o país. Inicialmente, 50 publicações foram selecionadas com base na leitura do resumo ou introdução. Após uma análise mais criteriosa, 24 dessas publicações foram escolhidas para uma leitura mais detalhada. As publicações selecionadas abrangem um período de 1980 até o ano corrente de 2024. Esta metodologia possibilitou uma análise abrangente e atual das práticas e tecnologias mais recentes no campo do tratamento de resíduos na pecuária, o uso de biodigestores e a inter-relação de ambos em confinamento de gado de corte.

Além da revisão bibliográfica e análise documental, foram realizadas análises empíricas em duas fazendas localizadas no estado do Paraná, Brasil. A primeira fazenda está situada em Cascavel e a segunda em Leopólis ambas no estado do Paraná. Essas análises de campo permitiram a observação direta das práticas de tratamento de resíduos e do uso de biodigestores em confinamento de gado de corte, proporcionando dados complementares e práticos que enriqueceram a pesquisa teórica. As informações coletadas nas fazendas foram comparadas com os dados obtidos na revisão bibliográfica,

permitindo uma avaliação mais abrangente e detalhada das tecnologias e práticas utilizadas no tratamento de resíduos na pecuária.

As análises empíricas envolveram visitas às fazendas, onde foram observadas as práticas de manejo de resíduos e o funcionamento dos biodigestores. Foram coletados dados sobre a quantidade de resíduos gerados, a eficiência dos biodigestores na produção de biogás e biofertilizantes, e os desafios enfrentados na implementação e operação desses sistemas. As observações de campo foram complementadas por entrevistas com os proprietários e operadores das fazendas, proporcionando uma visão prática e detalhada das tecnologias e práticas utilizadas.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 PERSPECTIVAS ATUAIS DA BOVINOCULTURA BRASILEIRA

O cenário da bovinocultura no Brasil apresenta desafios significativos que demandam soluções inovadoras e sustentáveis para garantir a viabilidade econômica e ambiental do setor. Conforme destacado por Lopes, et al (2022), a busca por práticas agrícolas mais sustentáveis tem se tornado uma prioridade, em resposta às demandas crescentes por produção de alimentos de forma responsável. Nesse contexto, a adoção de tecnologias como os biodigestores em sistemas de confinamento de bovinos de corte emerge como uma estratégia promissora para minimizar impactos ambientais negativos, enquanto se promove a geração de energia renovável e biofertilizantes.

Com um olhar crítico sobre a atual situação da bovinocultura no Brasil, identificam-se oportunidades para integrar práticas sustentáveis que não apenas atendam às necessidades da indústria, mas também contribuam para a mitigação dos efeitos adversos sobre o meio ambiente. Segundo Menezes, et al. (2023), a implementação de sistemas eficazes de gestão de resíduos, como os biodigestores, pode não só reduzir a pegada de carbono da atividade pecuária, mas também impulsionar a autonomia energética das propriedades e favorecer a fertilidade do solo por meio do aproveitamento do biofertilizantes resultante do processo de digestão anaeróbia.

3.2 MANEJO DOS DEJETOS DE BOVINOS DE CORTE

A pecuária de corte gera resíduos que precisam ser adequadamente manejados para evitar impactos ambientais negativos. Os dejetos provenientes da criação de bovinos de corte envolvem fezes, urina e restos de alimentos. Esses resíduos possuem potencial de reciclagem, mas necessitam de tratamento para evitar danos ambientais devido aos altos níveis de DBO e DQO (Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio) presentes, conforme apontado por Ramasamy e Abbasi (2000) e Ramasamy et al. (2004).

Manejar de forma responsável os dejetos de bovinos de corte é essencial para mitigar seu impacto ambiental. Em muitas propriedades de corte, o manejo dos dejetos é realizado na forma sólida,

por raspagem do piso das instalações, resultando em dejetos com aproximadamente 15 a 20% de sólidos totais (ST) (Fulhage, 1997). Diferentemente de países com grandes rebanhos em confinamentos, no Brasil, a predominância são criações extensivas e rebanhos menores, o que pode facilitar a questão do manejo adequado dos dejetos (Xavier, 2005).

De acordo com Xavier (2005), os fatores que influenciam a quantidade e a composição dos dejetos incluem o sistema de produção, o clima, o peso dos animais, o estado fisiológico e o nível de produção. A variação na alimentação dos animais também desempenha um papel importante na composição dos dejetos. Estratégias nutricionais visando a eficiência alimentar são fundamentais para minimizar perdas econômicas e ambientais relacionadas aos nutrientes presentes nos dejetos (Xavier, 2009).

A preocupação com a gestão adequada dos dejetos de bovinos de corte se estende para evitar a contaminação ambiental. Assim como na pecuária leiteira, os dejetos contêm agentes biológicos que podem causar danos à saúde humana e animal, além de representarem perdas econômicas (Chadwick et al., 2008). Portanto, medidas como o tratamento adequado dos dejetos e a prevenção da aplicação direta no solo são essenciais para evitar a contaminação do meio ambiente e assegurar a saúde das águas superficiais e subterrâneas (Oliveira, 2011).

O manejo de dejetos de bovinos continua a ser uma preocupação relevante, como evidenciado desde o início dos anos 2000. Com o aumento da produção de gado e a concentração de animais em fazendas e confinamentos, a gestão adequada dos resíduos tornou-se crucial para mitigar os impactos ambientais (Costa e Zenatti, 2023). Nesse contexto, os biodigestores emergem como uma solução promissora. Esses sistemas convertem os dejetos em biogás, uma fonte de energia renovável, e biofertilizantes, reduzindo os resíduos e fornecendo recursos valiosos para a agricultura (Matos, 2016).

3.3 FUNCIONAMENTO E BENEFÍCIOS DOS BIODIGESTORES

O biodigestor é um sistema que desempenha um papel fundamental na degradação anaeróbica da biomassa, resultando na produção de biogás e biofertilizantes, recursos essenciais para promover a sustentabilidade ambiental e energética. Como mencionado por Barrera (1993), o biodigestor consiste em uma câmara fechada onde bactérias metanogênicas degradam a matéria orgânica, liberando gás metano como principal componente do biogás. Essa tecnologia simples e eficiente contribui para a valorização de resíduos orgânicos e a geração de recursos renováveis.

Os benefícios advindos da instalação de um biodigestor em uma pequena propriedade rural são numerosos e impactam positivamente diversas atividades (Silva, Porto e Silva, 2024). A utilização do biogás reduz ou elimina a necessidade de retirar lenha das matas próximas, preservando o ambiente e impedindo problemas como erosão do solo, proliferação de pragas e desequilíbrio do ecossistema.

Além disso, a produção de biofertilizantes estimula a agricultura, melhorando a fertilidade do solo e aumentando a qualidade dos cultivos, como ressaltado por Costa, Silva e Gomes (1985).

A substituição de gás de cozinha por biogás resulta em economia financeira e ambiental, eliminando custos com transporte e estoque de combustíveis fósseis, além de proporcionar uma opção mais higiênica e sustentável para o preparo de alimentos. A aplicação do biodigestor não se restringe apenas aos dejetos animais, podendo também incluir excrementos humanos, o que contribui significativamente para melhorar a higiene e sanidade no meio rural, conforme destacado por Gaspar (2003).

Além dos benefícios ligados à redução de custos e preservação do ambiente, o uso do biogás em diversas atividades cotidianas, como iluminação, aquecimento de água e acionamento de equipamentos, demonstra a versatilidade e potencial energético desse recurso renovável. A produção de biofertilizantes também é crucial para o desenvolvimento da agricultura, fornecendo um adubo orgânico rico em nutrientes e contribuindo para a sustentabilidade dos cultivos, conforme ressaltado em Tolmasquim (2007).

No estado do Paraná, a implementação de biodigestores em fazendas dedicadas à pecuária de corte tem se mostrado uma estratégia eficaz para o manejo sustentável de resíduos e a geração de energia renovável. As instalações, como as da Fazenda Santa Alice em Leopólis - PR e da Fazenda São Domingos em Cascavel - PR, são pioneiras na conversão de dejetos bovinos em biogás e biofertilizantes, exemplificando um modelo de economia circular que valoriza subprodutos e minimiza impactos ambientais. A produção energética desses sistemas alcança uma média de 1,5 kW por animal por dia, conforme relatado pelas propriedades, evidenciando uma contribuição significativa para a autossuficiência energética das propriedades.

Nas fazendas analisadas, a integração de práticas sustentáveis com a pecuária de corte é evidenciada pelo monitoramento ambiental preciso e pela produção eficiente de biogás. A coleta de dados climáticos, realizada mensalmente, é essencial para o entendimento das condições ambientais que influenciam diretamente a produção agropecuária e a geração de energia. Os dados, que incluem temperatura média, umidade relativa, precipitação e radiação solar, são obtidos via internet da estação meteorológica mais próxima, garantindo assim a precisão das informações.

A produção de biogás é monitorada através de um sistema computadorizado que registra a geração média de energia em kWh/dia, correlacionando-a com as variáveis climáticas coletadas. Este sistema permite uma análise detalhada do desempenho energético do biogás produzido a partir dos dejetos bovinos. A estimativa de produção de biogás por animal é um fator determinante nos custos operacionais da fazenda. Estima-se que cada animal produza em média 1,5 kW por dia, contribuindo para uma produção total de 650 kW/dia em um confinamento de 450 animais. Essa produção é

convertida em energia por um motor adaptado a biogás, operando de 10 a 12 horas diárias com uma capacidade de 60 kW/hora.

Somado a isso, a transformação dos dejetos em biofertilizantes sólidos e líquidos potencializa a fertilidade do solo e a produtividade agrícola, reforçando a sustentabilidade ambiental. Contudo, desafios como a corrosão de equipamentos pelo gás sulfídrico, a necessidade de pessoal qualificado para operação e manutenção, e a logística complexa de manejo do gado e tratamento do chorume requerem atenção e gestão cuidadosa. A experiência dessas fazendas demonstra que, apesar dos obstáculos operacionais, a integração de biodigestores na pecuária de corte é uma abordagem promissora que oferece benefícios substanciais para a produção agrícola e a preservação ambiental, pavimentando o caminho para práticas agropecuárias mais sustentáveis no futuro.

3.4 GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS NA PECUÁRIA: O PAPEL VITAL DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NA MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA

A gestão eficiente dos dejetos na pecuária, especialmente em relação à produção de biogás e à mitigação das emissões de gases do efeito estufa, é vital para a sustentabilidade ambiental do setor. O aproveitamento energético do biogás proveniente da decomposição orgânica dos resíduos animais pode ser uma solução tanto para a geração de energia em fazendas isoladas quanto para a redução do impacto ambiental. Empresas do ramo avícola e suinocultor já adotam essa prática, transformando seus resíduos em biogás e, posteriormente, em energia (Lora e Venturini, 2012).

Considerando o cenário nacional, onde o setor agropecuário é responsável por uma significativa parcela das emissões de gases de efeito estufa no Brasil, a utilização de biodigestores para tratar resíduos como os dejetos animais pode ser uma estratégia eficaz. Estima-se que essa prática possa reduzir as emissões em até 40%, contribuindo para a mitigação do impacto ambiental e representando uma oportunidade de recompensa para o setor devido aos benefícios para o meio ambiente (Lins, Furtado e Mito, 2022).

Outro fator é que ao integrar a produção de biogás com a bovinocultura, é importante considerar a capacidade de produção de biogás a partir dos diferentes tipos de dejetos animais. Dentre os rebanhos avaliados, bovinos e equinos se destacam pela quantidade de dejetos produzida diariamente, apresentando um potencial significativo para a produção de biogás. De forma geral, a biomassa proveniente de suínos demonstra um rendimento superior na produção de biogás, seguida pelos dejetos bovinos. A alimentação dos animais e o ambiente em que estão estabulados também influenciam na concentração de metano presente no gás produzido (Colatto e Langer, 2011).

A gestão integrada de resíduos na pecuária envolve não apenas a produção de biogás, mas também a consideração das variáveis ambientais que influenciam a eficiência do processo. As estações do ano, por exemplo, desempenham um papel crucial, pois as temperaturas mais baixas no inverno

podem reduzir a atividade microbiana e, conseqüentemente, a produção de biogás. Por outro lado, o verão pode acelerar a decomposição orgânica, aumentando a produção de metano (Lins, Furtado e Mito, 2022). Portanto, é essencial desenvolver estratégias que otimizem a produção de biogás ao longo do ano, considerando as flutuações sazonais e seus impactos na microbiologia dos biodigestores.

Além disso, a alimentação dos animais é um fator determinante na composição dos dejetos e, por conseguinte, na produção de biogás. Dietas ricas em proteínas tendem a resultar em dejetos com maior potencial para a produção de metano, enquanto dietas com alto teor de fibra podem suprimir a atividade das bactérias metanogênicas (Alves, 2016). A compreensão dessas interações é fundamental para maximizar a eficiência dos biodigestores e minimizar os impactos ambientais, contribuindo para uma pecuária mais sustentável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise crítica da atual situação da bovinocultura no Brasil revela oportunidades para integrar práticas sustentáveis que atendam às necessidades da indústria e contribuam para a mitigação dos efeitos adversos sobre o meio ambiente. A adoção de biodigestores em sistemas de confinamento de bovinos de corte surge como uma estratégia promissora para minimizar impactos ambientais negativos, enquanto se promove a geração de energia renovável e biofertilizantes. A gestão eficaz de resíduos por meio de biodigestores pode reduzir a pegada de carbono da atividade pecuária, impulsionar a autonomia energética das propriedades e favorecer a fertilidade do solo.

Conforme observado nas Fazendas visitadas a implementação de biodigestores, no entanto, apresenta desafios, como os custos iniciais de instalação, a necessidade de capacitação técnica para operação e manutenção, e a gestão adequada dos resíduos e subprodutos. É essencial que políticas públicas e incentivos financeiros sejam implementados para apoiar os produtores rurais na adoção dessa tecnologia.

A gestão eficiente dos dejetos na pecuária, especialmente em relação à produção de biogás e à mitigação das emissões de gases do efeito estufa, é vital para a sustentabilidade ambiental do setor. O aproveitamento energético do biogás proveniente da decomposição orgânica dos resíduos animais pode ser uma solução tanto para a geração de energia em fazendas isoladas quanto para a redução do impacto ambiental. Empresas do ramo avícola e suinocultor já adotam essa prática, transformando seus resíduos em biogás e, posteriormente, em energia (Lora e Venturini, 2012).

Considerando o cenário nacional, onde o setor agropecuário é responsável por uma significativa parcela das emissões de gases de efeito estufa no Brasil, a utilização de biodigestores para tratar resíduos como os dejetos animais pode ser uma estratégia eficaz. Estima-se que essa prática possa reduzir as emissões em até 40%, contribuindo para a mitigação do impacto ambiental e representando

uma oportunidade de recompensa para o setor devido aos benefícios para o meio ambiente (Lins, Furtado e Mito, 2022).

Outro fator é que ao integrar a produção de biogás com a bovinocultura, é importante considerar a capacidade de produção de biogás a partir dos diferentes tipos de dejetos animais. Dentre os rebanhos avaliados, bovinos se destacam pela quantidade de dejetos produzida diariamente, apresentando um potencial significativo para a produção de biogás. De forma geral, a biomassa proveniente de suínos demonstra um rendimento superior na produção de biogás, seguida pelos dejetos bovinos. A alimentação dos animais e o ambiente em que estão estabulados também influenciam na concentração de metano presente no gás produzido (Colatto e Langer, 2011).

A gestão integrada de resíduos na pecuária envolve não apenas a produção de biogás, mas também a consideração das variáveis ambientais que influenciam a eficiência do processo. As estações do ano, por exemplo, desempenham um papel crucial, pois as temperaturas mais baixas no inverno podem reduzir a atividade microbiana e, conseqüentemente, a produção de biogás. Por outro lado, o verão pode acelerar a decomposição orgânica, aumentando a produção de metano (Lins, Furtado e Mito, 2022). Portanto, é essencial desenvolver estratégias que otimizem a produção de biogás ao longo do ano, considerando as flutuações sazonais e seus impactos na microbiologia dos biodigestores.

Além disso, a alimentação dos animais é um fator determinante na composição dos dejetos e, por conseguinte, na produção de biogás. Dietas ricas em proteínas tendem a resultar em dejetos com maior potencial para a produção de metano, enquanto dietas com alto teor de fibra podem suprimir a atividade das bactérias metanogênicas (Alves, 2016). A compreensão dessas interações é fundamental para maximizar a eficiência dos biodigestores e minimizar os impactos ambientais, contribuindo para uma pecuária mais sustentável.

A produção de biogás não só contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também oferece uma fonte de energia renovável que pode ser utilizada em diversas atividades na propriedade rural (Menezes et al. 2023). A energia gerada pode ser utilizada para aquecimento, iluminação e acionamento de equipamentos, reduzindo a dependência de fontes de energia não renováveis e os custos operacionais das fazendas.

A implementação de biodigestores também promove a economia circular, onde os resíduos são transformados em recursos valiosos, fechando o ciclo de produção e consumo de maneira sustentável. A produção de biofertilizantes a partir dos dejetos animais melhora a fertilidade do solo e a produtividade agrícola, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (Matos 2016).

Em suma, a gestão integrada de resíduos na pecuária, com foco na produção de biogás, é uma estratégia eficaz para mitigar as emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade



ambiental e econômica do setor agropecuário. A continuidade desses esforços e a realização de mais pesquisas podem pavimentar o caminho para práticas agropecuárias mais sustentáveis no futuro.

5 CONCLUSÃO

Este estudo examinou a aplicação e os impactos da implementação de biodigestores em sistemas de confinamento de gado de corte no Brasil. Foi destacada a transformação de resíduos em recursos valiosos, como biogás e biofertilizantes, contribuindo para a sustentabilidade da pecuária de corte. No entanto, desafios como a necessidade de pessoal qualificado para operação e manutenção, a corrosão de equipamentos pelo gás sulfídrico e a logística complexa de manejo do gado e tratamento do chorume foram identificados.

Apesar desses desafios, a integração de biodigestores na pecuária de corte é uma abordagem promissora que oferece benefícios substanciais para a produção agrícola e a preservação ambiental. A adoção dessa tecnologia pode contribuir significativamente para a sustentabilidade da pecuária de corte no Brasil, transformando desafios em oportunidades e promovendo um modelo de produção mais equilibrado e eficiente. Portanto, a implementação de biodigestores em sistemas de confinamento de gado de corte atende ao objetivo deste estudo.

Os resultados obtidos nesta pesquisa podem auxiliar a sociedade e a academia ao fornecer dados concretos sobre os benefícios e desafios da implementação de biodigestores na pecuária de corte. Esses dados podem ser utilizados para desenvolver políticas públicas e práticas agrícolas mais sustentáveis, promovendo a sustentabilidade ambiental e econômica do setor agropecuário.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para ampliar o conhecimento sobre a implementação de biodigestores na pecuária de corte, recomenda-se que futuros estudos explorem a aplicação dessa tecnologia em diferentes regiões do Brasil, considerando as variáveis climáticas e operacionais específicas de cada localidade. Além disso, é importante investigar novas tecnologias e práticas que possam complementar o uso de biodigestores, bem como avaliar o impacto econômico e social a longo prazo da implementação dessa tecnologia na pecuária de corte. A continuidade desses esforços pode pavimentar o caminho para práticas agropecuárias mais sustentáveis no futuro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Fundação Araucária e a Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) Campus Luiz Meneghel - Bandeirantes – Paraná – Brasil, pelo apoio financeiro e institucional que possibilitou a realização deste trabalho.



REFERÊNCIAS

ALVES, A.R. et al. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. *Pubvet*, v. 10, p. 513-579, 2016.

BARRERA, P. *Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural*. São Paulo: Ícone, 1993, p. 11.

CARVALHO, T.B. de; ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. *Revista iPecege*, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA. Produção de carne bovina no Brasil bate recorde em 2023. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2023. Disponível em: PECUÁRIA/CEPEA: Produção brasileira de carne bovina bate recorde em 2023 - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP. Acesso em: 28, ago, 2024

COLATTO, L.; LANGER, M. Biodigestor–resíduo sólido pecuário para produção de energia. *Unoesc & Ciência–ACET, Joaçaba*, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2011.

COSTA, J; ZANATTI, J. Pesquisa mapeia 2,3 milhões de bovinos, 41% do gado confinado no País em 2023. São Paulo, Giro do boi, 2024. Disponível em: <https://girodoboi.canalrural.com.br/pecuaria/tecnologia-e-inovacao/pesquisa-mapeia-23-milhoes-de-bovinos-41-do-gado-confinado-no-pais-em-2023/>. Acesso em: 30 mai. 2024

COSTA, A.R.da; SILVA, N.F.da; GOMES, F. P. B.; *Biodigestor*. Goiânia: Editora da Universidade Católica de Goiás, 1985. Série Caderno de Pesquisa

CHADWICK, D. et al. Management of livestock and their manure to reduce the risk of microbial transfers to water—the case for an interdisciplinary approach. *Trends in Food Science & Technology*, v. 19, n. 5, p. 240-247, 2008.

FERNANDES, M. EMATER MG. Tratamento de dejetos bovinos gera renda e sustentabilidade ambiental no norte de minas. 2021 Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/tratamento-de-dejetos-bovinos-gera-renda-e-sustentabilidade-ambiental-no-norte-de-minas-/?flagweb=novosite_pagina_interna&id=25400. Acessado em: 14 set. 2023

FULHAGE, C. D. Manure management considerations for expanding dairy herds. *Journal of dairy science*, v. 80, n. 8, p. 1872-1879, 1997.

GALVÃO, et al. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e serviços de saúde*, v. 24, p. 335-342, 2015.

GASPAR, R. M. B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR. Universidade Federal de Santa Catarina Programa de pós-graduação em engenharia de Produção e sistemas. Florianópolis, 2003

GEO BIOGAS E TECH. Relatório de Sustentabilidade 2021. Disponível em: https://geobiogas.tech/static/relatorios/Relatorio_de_Sustentabilidade_GEO_2021.pdf. Acesso em: 31 mai, de 2024



LINS, L.P.; FURTADO, A.C.; MITO, J.Y.L.de. O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável. *Interações (Campo Grande)*, v. 23, n. 4, p. 1275-1286, 2022

LOPES, et al. Monitoramento da produtividade na bovinocultura de corte brasileira. In: 60º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), Natal, RN, 08 a 11 de agosto de 2022

LORA, E.E.S.; VENTURINI, O.J. *Biocombustíveis*, vol. 1; 1ª edição, Interciência, 2012, Rio de Janeiro (RJ, BRAZIL)

MANSO, J.R.K.; MENDES, F.O. Confinamento de bovinos: estudo do gerenciamento dos resíduos, 2007. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental, Goiânia, 2007.

MATOS, C.F. Produção de biogás e biofertilizante a partir de dejetos de bovinos, sob sistema orgânico e convencional de produção. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

MENEZES, F.G. et al. O papel dos biodigestores na agropecuária para mitigação das mudanças climáticas: uma análise dos benefícios ambientais. 2023 Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1155537>, Acesso em: 30 jan. 2023

NICOLOSO, R. da S. et al. Uso do digestato como fertilizante. 2019.

RAMASAMY, E. V. et al. Feasibility studies on the treatment of dairy wastewaters with up-flow anaerobic sludge blanket reactors. *Bioresource technology*, v. 93, n. 2, p. 209-212, 2004.

RAMASAMY, E. V.; ABBASI, S. A. Energy recovery from dairy waste-waters: impacts of biofilm support systems on anaerobic CST reactors. *Applied energy*, v. 65, n. 1-4, p. 91-98, 2000.

OLIVEIRA, L. A. G. Dejetos suínos: qualidade, utilização e o impacto ambiental. Goiânia: Pós-Graduação em Ciência Animal, Seminários, Universidade Federal de Goiás, 2011.

SILVA, L. de O.. Uso de Biodigestores em Estação de Tratamento de Esgoto. *UNICIÊNCIAS*, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 25–31, 2024. DOI: 10.17921/1415-5141.2024v28n1p25-31. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/12040>. Acesso em: 24 Nov. 2024.

SILVA, L. de O.; PORTO, P. P.; SILVA, M. A. A. da. Fortalecimento da agricultura familiar através da implementação de biodigestores caseiros: uma abordagem sustentável e tecnológica para o manejo de resíduos orgânicos. *Caderno Pedagógico*, [S. l.], v. 21, n. 13, p. e12485, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n13-353. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/12485>. Acesso em: 21 dez. 2024.

TOLMASQUIM, M. Plano Nacional de energia 2030. Conselho Nacional de Política Energetica-CNPE, Brasília, Brasil, accessed, v. 1, n. 10, 2007

XAVIER, C.A.N. Biodigestão anaeróbia de dejetos em sistema de produção de leite: obtenção de parâmetros e dimensionamento. 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Área de Concentração em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005



XAVIER, C.A.N. Caldo de cana-de-açúcar na biodigestão anaeróbia com dejetos de vacas em lactação sob diferentes dietas. 2009. 104 p. Tese (Doutorado em Zootecnia- Área de Concentração em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009