

Impactos da geração de biogás a partir de resíduos da bovinocultura de leite

Impacts on biogas generation from dairy cattle residues

Impactos de la generación de biogás a partir de residuos de ganado lechero

Recebido: 14/08/2022 | Revisado: 29/08/2022 | Aceito: 31/08/2022 | Publicado: 08/09/2022

Mayra Beatriz Semiano Castro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2818-6623>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: mayrabscastro@gmail.com

Emmanuelle Albara Zago

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1957-4314>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: manuzago91@gmail.com

Ellen Lemes Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5649-5055>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: ellen.1910s@gmail.com

Eliandra Rodio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-7383>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: eliandrawagner@gmail.com

Eduardo Jair Wendt

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7704-1156>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: eduardowendtwendt@gmail.com

Diego César Veloso Rezende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6176-0220>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: diegoveloso@ufg.br

Bruna Hinterholz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1328-6058>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: bruna.hinterholz@hotmail.com

Resumo

O Brasil está entre os maiores produtores de gado leiteiro do mundo. Em sistemas confinados, a destinação dos dejetos oriundos do processo produtivo necessita de locais específicos que respeitem a legislação ambiental, e, quando depositados de modo incorreto geram impactos ambientais. Devido à sua composição, os resíduos gerados podem ser aproveitados por meio de processos de estabilização, para produção de adubo orgânico e para a geração de energia como alternativas sustentáveis. O presente trabalho teve como objetivo identificar os impactos ambientais na cadeia de produção de energia por biogás. Realizou-se o estudo de caso baseado em uma instalação de criação de bovinocultura leiteira que aproveita seus resíduos para produção de biogás e adubo orgânico. Com base nas informações e utilizando de uma revisão bibliográfica, foi possível realizar apontamentos dos possíveis impactos gerados na produção de energia sustentável, como poluição atmosférica pela queima do biogás. Concluiu-se que, ainda que possam oferecer impactos ambientais, a utilização de biodigestores para tratamento dos resíduos e geração do biogás reduz o potencial poluente que os dejetos possuem.

Palavras-chave: Energia; Dejetos; Digestão anaeróbia.

Abstract

Brazil is among the largest dairy cattle producers in the world. In confined systems, the disposal of waste from the production process needs specific locations that respect environmental legislation, and, when deposited incorrectly, generate environmental impacts. Due to its composition, the waste generated can be used through stabilization processes, for the production of organic fertilizer and for the generation of energy as sustainable alternatives. The present work aimed to identify the environmental impacts in the energy production chain by biogas. A case study was carried out based on a dairy cattle breeding facility that uses its residues to produce biogas and organic fertilizer. Based on the information and using a bibliographic review, it was possible to make notes on the possible impacts generated in the production of sustainable energy, such as atmospheric pollution from the burning of biogas. It was concluded that, although they can have environmental impacts, the use of biodigesters for waste treatment and biogas generation reduces the polluting potential that the waste has.

Keywords: Energy; Animal waste; Anaerobic digester.

Resumen

Brasil se encuentra entre los mayores productores de ganado lechero del mundo. En los sistemas confinados, la disposición de los residuos del proceso productivo necesita lugares específicos que respeten la legislación ambiental y, cuando se depositan incorrectamente, generan impactos ambientales. Por su composición, los residuos generados pueden ser aprovechados mediante procesos de estabilización, para la producción de abono orgánico y para la generación de energía como alternativas sustentables. El presente trabajo tuvo como objetivo identificar los impactos ambientales en la cadena de producción de energía por biogás. Se realizó un estudio de caso basado en una instalación de cría de ganado lechero que aprovecha sus residuos para producir biogás y abono orgánico. Con base en la información y haciendo uso de una revisión bibliográfica, fue posible realizar apuntes sobre los posibles impactos generados en la producción de energía sustentable, como la contaminación atmosférica por la quema de biogás. Se concluyó que, si bien pueden tener impactos ambientales, el uso de biodigestores para el tratamiento de residuos y la generación de biogás reduce el potencial contaminante que tienen los residuos.

Palabras clave: Energía; Desperdicio; Digestión anaeróbica.

1. Introdução

O Brasil se encontra entre os 10 maiores produtores mundiais de leite, e possui uma extensa atividade agropecuária beneficiada pelo incremento no melhoramento genético. Em 2020, o país alcançou uma produção de 35,4 bilhões de litros de leite, sendo a região sudeste a maior produtora (CNA, 2021). Informações mais recentes mostram que no primeiro trimestre de 2022 o Brasil já produziu cerca de 6 bilhões de litros, e os estados de Minas Gerais e Paraná são os maiores produtores (IBGE, 2022).

Em contrapartida, uma grande produção de resíduos que precisam de destinação vem sendo gerada na pecuária leiteira. Estudos estimam que uma vaca com peso de 400 kg pode produzir até 50 kg de dejetos por dia, com aproximadamente 20% de sólidos totais em sua composição, e quando estão em sistemas de criação confinado, a limpeza das instalações gera grande volume de água residuária (Ricardo, 2016). Este grande volume de resíduo gerado, normalmente é destinado a um reservatório, que por sua vez necessita de tratamento e destinação adequada, uma vez que sua incorreta disposição pode atrair vetores e gerar contaminação de corpos hídricos (Albuquerque et al., 2022).

Sem o manejo adequado dos resíduos, o equilíbrio ambiental pode ser afetado, considerando situações de disposição de dejetos na água ou no solo sem tratamento, que ao chegar em leitos de rios ocasiona eutrofização destes corpos em função do excesso de o fósforo (P) e nitrogênio (N) (Albuquerque et al., 2022; Silva, 2018).

Dentre as formas de tratamento dos resíduos, a digestão anaeróbica com a utilização de um biodigestor é uma proposta sustentável e indicada no tratamento de dejetos bovinos e suínos, devido a sua adequabilidade de tanque possibilitar a retenção de altos volumes de dejetos. Os biodigestores, são compostos por uma câmara fechada onde ocorre a fermentação de material orgânico por bactérias metanogênicas com a ausência de oxigênio, onde obtêm-se o biogás e o biofertilizante, sendo que, o biogás pode ser transformado em energia por um conjunto motogerador a combustão a gás ou pode ser queimado (como forma de aquecimento ou gás de cozinha), o biofertilizante tem destinação para a agricultura auxiliando na nutrição das culturas, ou se não houver áreas agricultáveis pode ser tratado e reutilizado na cadeia (Kons, 2020).

Segundo Silva (2018) o biogás produzido por esterco animal é constituído principalmente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), gás amônia (NH₃), sulfeto de hidrogênio (H₂S) e nitrogênio (N₂). O componente encontrado em maior quantidade é o metano, que representa cerca de 60 a 80% na composição do total de mistura. Isso causa impactos no efeito estufa, devido a esse gás ser mais prejudicial do que o CO₂.

O modelo de biodigestor Canadense é largamente difundido no Brasil e apresenta característica de base maior que profundidade, sendo classificado como tipo horizontal. Esse modelo dispõe de uma manta impermeável ao fundo para impedir a absorção pelo solo, com uma parte superior de material maleável permitindo a expansão durante a produção do biogás, desta forma, ideal para a criação de animais pois pode ser de alimentação contínua, uma vez que os dejetos são produzidos diariamente (Da Silva et al., 2020; Sá et al., 2018; Santos, 2019).

Sabendo da importância de realizar a economia circular, e contribuir com o meio ambiente com destinação adequada dos adubos produzidos na agricultura, a verificação de impactos gerados na produção agropecuária, biofertilizantes, biogás e energia é de grande valia para ter ações mais adequadas em todos os processos. Desta forma objetivou-se identificar os impactos ambientais na cadeia de produção de energia por biogás uma instalação de criação de bovinocultura leiteira.

2. Metodologia

Para realização deste estudo foi adotado o método de revisão bibliográfica, semelhante a Albuquerque et al. (2022), em que o autor expõe seu ponto de vista de forma contextual ou teórica, a partir da consulta de artigos, revistas e livros, com análise crítica sobre o tema estudado. Ainda utilizou-se como exemplo o estudo de um sistema instalado em propriedade rural no oeste do estado do Paraná.

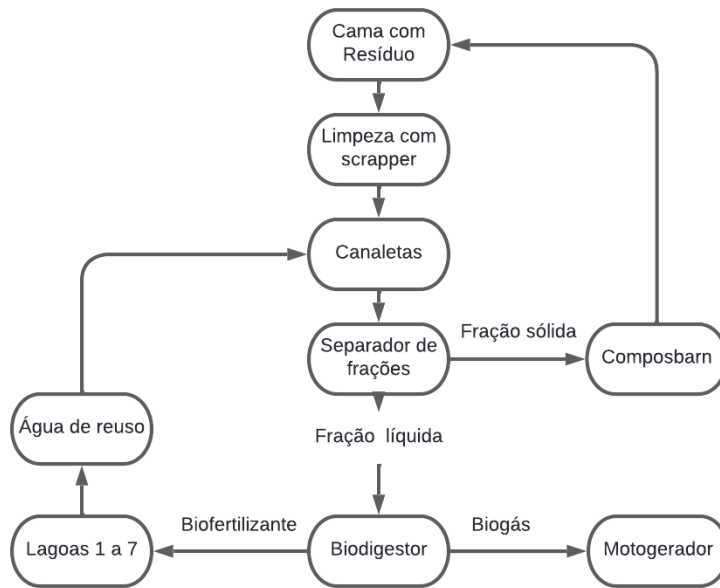
2.1 Local de estudo

Considerou-se neste trabalho um agronegócio com sede localizada no município de Céu Azul, região oeste do Paraná. Região caracterizada por clima Subtropical Úmido Mesotérmico com verões quentes, com baixa ocorrência de geadas e concentração das chuvas nos meses mais frios, porém, sem uma estação seca definida (Chaves et al., 2015)

A instalação possui 1130 animais confinados e produz 150 toneladas de dejetos por dia, estes são raspados por um *scraper* e guiados por uma canaleta com água, direcionado a um misturador e separador de frações, em que a parte sólida passa por uma compostagem (compost barn) e a parte líquida segue para o biodigestor, gerando 720m³ de biogás/dia, que por sua vez, abastece um gerador (33 Kva/hora), que supre 25% da necessidade de energia elétrica da propriedade, podendo vender o excesso produzido à Copel.

A água residuária resultante do biodigestor passa por 7 lagoas de estabilização. Após esse processo de tratamento são bombeadas e utilizadas na lavagem da área externa da sala de ordenha e nas canaletas como água de reuso ou também na fertirrigação de áreas próximas. Os resíduos sólidos são utilizados para compostagem nas áreas agricultáveis ou podem voltar a cama dos animais, gerando economia no uso de fertilizantes e conforto aos animais, como pode-se observar no fluxograma abaixo.

Figura 1. Fluxograma do manejo de tratamento de dejetos da instalação.



Fonte: Autores (2022).

3. Resultados e Discussão

Os resíduos resultantes da produção de bens e serviços para atender às demandas sociais geram impactos significativos ao meio ambiente, considerando que há uma elevada produção de dejetos, aliada ao esgotamento dos recursos naturais. Esse fato é um desafio em termos de tratamento, porém, simultaneamente, representa uma oportunidade para a produção de recursos e energias sustentáveis (Costa, 2021).

Atualmente a política para o tratamento dos dejetos a Resolução CONAMA 430/11 e a Lei 12.305/10 (PNRS) estabelecem a obrigatoriedade na redução da carga poluidora e responsabilidade do produtor. De acordo com a Resolução CONAMA 430/11 as fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração de resíduos e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 busca o gerenciamento dos resíduos sólidos atribuindo deveres aos envolvidos na cadeia produtiva, ainda classifica os dejetos provenientes de atividades agrossilvopastoris como resíduos sólidos não perigosos, instituindo a responsabilidade de aproveitamento, direcionando para a sua ou demais cadeias produtivas, assim como redução na produção de resíduos, desperdício de materiais, poluição e danos ambientais.

O resíduo agrossilvopastoril pode ser dito então como o material resultante da produção agrícola que não possui valor ou utilidade para o produtor, restando apenas a opção de descarte, muitas vezes de forma inapropriada comprometendo o meio ambiente, embora Chaves et al. (2021) defenda que a educação ambiental é uma forma de desenvolver ações e estímulos práticos no cidadão para o respeito e conscientização ao combate a degradação ambiental, desta forma desenvolvendo um biodigestor simples com materiais de baixo custo e fácil acesso para a conscientização de moradores de zona carente.

Com a modernização da atividade leiteira, as novas práticas visam facilitar o manejo a favor da alta produtividade e qualidade aliada ao bem-estar animal. Dessa forma, sistemas de confinamento vem sendo uma opção entre os produtores. Entre os modelos de confinamento, o *compost barn* vem ganhando adeptos nos últimos anos.

A implantação desse modelo leva como fatores relevantes o conforto aos animais, aumento de produção e qualidade do leite, manejo facilitado, aumento da vitalidade das vacas, controle dos dejetos no meio ambiente e a reutilização da cama

como adubação de lavoura. Um confinamento feito de forma adequada permite que o produtor tenha uma produção elevada em uma área relativamente menor quando comparada a sistemas tradicionais a pasto. (Piovesan e De Oliveira, 2020)

O *compost barn* consiste em um galpão ventilado e aberto, com aspersores, uma cama coletiva para os animais e uma pista de alimentação adjacente. Nesse modelo, a maior produção de dejetos pode causar contaminação ambiental. Nesse contexto sugere-se o tratamento e destinação adequada desses dejetos, que podem ser aproveitados como adubo ou para produção de biogás (Menezes, 2021).

As abordagens observadas na instalação de vacas leiteiras na destinação dos dejetos foram: digestão anaeróbica, *compost barn* e lagoas de maturação. Sendo sete lagoas onde o biofertilizante resultante da digestão anaeróbica passa por mais processos de estabilização e no final é bombeado para reutilização nos processos de lavagem e nas canaletas contribuindo na diluição do resíduo bruto.

O processo de digestão anaeróbica, baseado na digestão da matéria orgânica dos dejetos por microorganismos na ausência de oxigênio gera dois subprodutos: biofertilizante e biogás. O biogás resultante do processo de biodigestão anaeróbica no interior dos biodigestores é um produto sem cor ou cheiro, composto basicamente de metano (CH₄ - 50 a 70%) e dióxido de carbono (CO₂ - 30%), podendo ser utilizado na geração de energia (Silva, 2018; Kons, 2020).

Como apresentado por Kons (2020), o biogás pode ser transformado em energia por um motor gerador de combustão interna acoplado a um inversor que podem ter rendimento de até 40%, pode-se concluir que esse tipo de produção de energia além de viável pois possui retorno em 8 anos, corrobora no anti-ilhamento de propriedades rurais que passam por muitas situações de queda de energia, influenciando na demanda de energia tornando mais sustentável e reduzindo a poluição do ar, solo e água.

Mendonça et al. (2021) também apresentou um sistema semelhante ao proposto pelas instalações observadas neste trabalho. Em sua pesquisa, a separação de frações contribuiu para redução média de 53,4% dos Sólidos totais dos dejetos e assim redução da DBO DQO de 5 e 31,4%, que é benéfico pois em situações em que não se possui lavoura, pode-se fazer o descarte em corpos hídricos, contanto que se atenda os limites da Resolução CONAMA 357/2005. Enquanto o biogás se mostrou eficiente nas necessidades da fazenda, e quando queimado o excedente ainda fornecia benefícios uma vez que o metano possui 25 vezes mais tempo de permanência na atmosfera e efeito de aquecimento 72 vezes maior que a do dióxido de carbono.

Ripp (2019) mostrou que a produção de biogás com o dejetos bovino bruto foi maior comparado a sistemas com separação de fases como o *compost barn*, uma vez que possui mistura do dejetos com material vegetal da cama aumentando quantidade de fibras que são de difícil digestão pelos microorganismos.

O trabalho de Souza et al. (2019) usou a compostagem para a estabilização de dejetos animais, que consiste em um processo de decomposição com incremento de ar por ventilação forçada ou revolvimento, que permite o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, demonstrou que o processo estabiliza e sanitiza o composto final, que não oferece riscos ao meio ambiente, sendo este adubo incorporado ao solo em áreas de pastagens segundo normativas.

Albuquerque et al. (2022) demonstrou através de uma matriz de indicadores adaptada, que os dejetos possuem grande impacto no ecossistema, e concluiu que os biodigestores se mostram uma solução viável na mitigação dos impactos gerados por dejetos animais, sendo ainda uma forma de auxiliar na renda do produtor na forma de adubo e energia.

Da Costa (2021) observou que a produção diária de dejetos, biogás, eletricidade e coprodutos da fazenda leiteira mostram que a geração de energia elétrica com o biogás é suficiente para abastecer a sede, a ordenha e o barracão por cerca de 3 horas por dia. Isso caracteriza uma produção sustentável e proporciona uma economia financeira significativa, incluindo o aproveitamento de seus coprodutos.

Como apresentado por Da Silva et al. (2020), os digestores anaeróbios são amplamente difundidos devido sua capacidade em reduzir emissão de gases de efeito estufa, assim como gerar créditos de carbono para negócios internacionais, podendo haver retorno econômico em até 9 meses, ainda que por valores mais atraentes, pequenos produtores possam optar pela compostagem.

Outra utilização possível do dejetos resultante é como fertilizante. Para Diniz (2011), o biofertilizante é um adubo orgânico líquido, que pode ser produzido em meio aeróbico ou anaeróbico, a partir de uma mistura de material orgânico. A sua importância no crescimento das plantas não se deve exclusivamente aos valores quantitativos dos seus componentes químicos que, em geral, são baixos, mas no aspecto qualitativo, devido à sua diversidade química possuindo os macro e micronutrientes essenciais aos vegetais.

Trabalhos semelhantes observaram maior crescimento do diâmetro caulinar e número de ramos produtivos ocorreram nas plantas dos tratamentos com esterco líquido bovino e uréia. Nos tratamentos com esterco líquido e uréia no solo, os valores de diâmetro caulinar se mostraram superiores quando comparados ao solo sem a aplicação. O esterco líquido fermentado de bovino estimula o crescimento e a produção de biomassa nos distintos órgãos das plantas, mas não substitui o nitrogênio aplicado na forma de fertilizante mineral. (Diniz, 2011; Santos, 2006).

4. Conclusão

Observa-se que uma alternativa eficiente para a destinação de dejetos gerados na bovinocultura é o reaproveitamento destes, tanto para geração de biogás quanto para uso em forma de adubo orgânico, reduzindo a carga poluidora e impacto ambiental.

O biogás gerado pode ser utilizado de forma satisfatória para complementação da demanda energética da propriedade. Diversos estudos demonstram que, além de gerar economia para o setor, também reduz o envio de gases poluentes e que podem causar efeito estufa.

Por sua vez, o adubo orgânico produzido a partir dos dejetos proporciona melhoria na produção vegetal, sendo uma possível destinação sustentável para um material que, descartado de forma inadequada, pode causar alterações ao meio ambiente.

O tratamento de dejetos não se apresentou apenas como forma de benefício para o produtor com redução com custo de energia e fertilizantes químicos, mas também ao meio ambiente pois reduz o impacto após a transformação do material orgânico, buscando atender as Resoluções CONAMA 430 e 357 e a Lei 12.305/10 (PNRS), estimulando a adoção de tecnologias de fácil utilização para os produtores com grandes benefícios socioambientais.

Para trabalhos futuros sugere-se realizar o levantamento das potenciais dificuldades encontradas pelos proprietários no manejo e instalação de sistemas de tratamento para os dejetos animais visando produção do biogás; como também as possíveis melhorias no processo para aumentar a viabilidade, propiciando assim a economia circular.

Referências

Albuquerque, M. G., Sousa, S. S. O., Arruda, V. C. M., El-Deir, S. G.(2022). Impactos socioambientais dos dejetos da pecuária no âmbito rural: uma revisão de literatura. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, 15(1), 517-529. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.1.78123>.

Brasil. LEI 12.305/2010, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

Brasil. Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Oficial da União, 18 de março de 2005.

Brasil. Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União. República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 mai. 2011.

Chaves, D. C.; Martins, W. C., Galvão, R. S., Chaves, F. T., Lima, M. L. S., Pontes, M. R., Veras, M. E. C. (2021). Sistemas de biodigestão: um modelo de economia e sustentabilidade para a comunidade rural/ biodigestion systems. *Brazilian Journal Of Development*, 7(3), 26143-26168. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-356>.

Chaves, T. A.; Carvalho Junior, O. A.; Gomes, R. A. T.; Guimarães, R. F.; Martins, E. S. (2015). Padrões de Fragmentação da Paisagem no Município de Céu Azul (Paraná). *Geografia Ensino & Pesquisa*, 19, 79-92.

Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil (CNA). Comunicado Técnico. 1 de outubro de 2021. *Pesquisa Pecuária Municipal 2020*. https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/boletins/Comunicado-Tecnico-CNA-ed-30_2021.pdf

Costa, B. P., Borges, M. R. S., Teixeira, L. A., Luz, S. M. (2021). Inventário do ciclo de vida de biogás para geração de energia elétrica: estudo de caso em uma fazenda leiteira / life cycle inventory of biogas for electricity generation. *Brazilian Journal Of Development*, 7 (12), 114359-114370. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n12-288>.

Diniz, A. A., Cavalcante, L. F., Rebequi, A. M., Nunes, J. C., Brehm, M. A. S. (2011). Esterco líquido bovino e uréia no crescimento e produção de biomassa do maracujazeiro amarelo. *Revista Ciência Agronômica*, 42 (3). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902011000300004>.

IBGE (ed.). Pesquisa Trimestral do Leite: quantidade de leite cru adquirido e industrializado no mês e no trimestre (mil litros), 1º trimestre 2022. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?=&t=destaques>.

Kons, F. L. (2020). Análise Técnica E Econômica Da Geração De Energia Através De Biodigestores Em Propriedade Leiteira. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão.

Mendonça, H. V., Otenio, M. H., Paula, V. R. (2021). Digestão anaeróbia para produção de energia renovável. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(3), 793-805, 2021. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n3e7667>.

Menezes, G. L., Ledo, L. L., Beraldo, M. H., & Oliveira, P. de M. (2021). Compost barn: motivos para implantação e técnicas de manejo da cama. *Sinapse Múltipla*, 10(1), 49-51. <http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla/article/view/26674>.

Piovesan, S. M., Oliveira, D. S. (2019). Fatores que influenciam a sanidade e conforto térmico de bovinos em sistemas compost barn. *Vivências*, 16(30), 247-258. <https://doi.org/10.31512/vivencias.v16i30.154>.

Ricardo, T. N. A. (2016). *Plano de manejo de resíduos de bovinocultura leiteira de uma propriedade rural no município de santa bárbara do monte verde, MG*. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

Ripp, P. G. (2019). *Produção de biogás a partir de diferentes sistemas de criação de bovinocultura de leite*. 2019. 25. Monografia (Especialização) Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.

Sá, F. L., Oliveira, S. M., Souza, J. F. (2019). *Biodigestor em propriedades rurais: uma alternativa para confinamentos bovinos*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Unifacvest - Centro Universitário Facvest.

Santos, F. A. D., Petilio, A. A., & Bosquê, G. G. (2006). A influência da água e do nitrogênio na cultura do maracujá (*Passiflora edulis*). *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 5(10), 8-13.

Santos, E. F. (2019). *Co-digestão anaeróbia com manipueira e esterco bovino visando a produção de biogás e biofertilizante*. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Palmas.

Silva, H. W. (2018). Produção de biogás utilizando dejetos de vacas leiteiras—uma alternativa viável para redução de impactos ambientais. *Revista Técnico-Científica*, 13.

Silva, J. A. R., Terra, A. B. C., Assis, C., Florentino, L. A., Putti, F. F. (2020). Tratamento de dejetos no Brasil: comparativo entre as técnicas de compostagem e biodigestores anaeróbios. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(2), 797-817. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p797-817>.

Souza, H.A., Oliveira, E.L., Faccioli-Martins, P.Y., Santiago, L.; Primo, A.A., Melo, M.D., Pereira, G.A.C. (2019). Características físicas e microbiológicas de compostagem de resíduos animais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(1), 291-302. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9735>.