

Utilização de biogás como fonte de energia e redução nos custos de produção

André Nicolau Tropiano Almeida¹, Janaina Kawata de Alencar^{2,*}, Fernando de Lima Caneppele³, Paulo Roberto Arbex Silva¹ e Luís Roberto Almeida Gabriel Filho²

¹Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. *Campus* de Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, 1780. Jardim Paraíso. Botucatu-SP, Brasil (CEP 18603-970).

²Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento. *Campus* de Tupã. Rua Domingos da Costa Lopes, 780. Jardim Itaipu. Tupã-SP, Brasil (CEP 17602-496).

*E-mail: janaina.kawata@unesp.br.

³Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. *Campus* de Pirassununga. Rua Duque de Caxias, 225. Jardim Elite. Pirassununga-SP, Brasil (CEP 13635-900).

Resumo. O desenvolvimento do setor agropecuário relacionados à produção de animais confinados tem causado impactos ambientais devido ao aumento de dejetos. Desta forma, estratégias para um destino correto dos resíduos gerados nos espaços de confinamento pode contribuir para o desenvolvimento das propriedades rurais. Assim, este trabalho visa a verificar as características da produção de biogás para a geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos, bem como a relação custo benefício deste tipo de energia renovável. Para tanto, este estudo foi baseado em uma revisão bibliográfica e documental feito por meio das bases de dados *Scielo*, *Science Direct* e em sites governamentais. Os resultados apontam que o biogás além do seu grande potencial energético, possibilita a redução de custos nas propriedades rurais.

Palavras-chave: Energia limpa; Suinocultura; Dejetos; Eletricidade; Sustentabilidade.

Abstract. *Use of biogas as an energy source and reduction in production costs.* The development of the agricultural sector related to the production of confined animals has caused environmental impacts due to the increase of waste. Thus, strategies for a correct destination of waste generated in confinement spaces can contribute to the development of rural properties. Thus, this study aims to verify the characteristics of biogas production for electricity generation from swine manure, as well as the cost-benefit ratio of this type of renewable energy. For this, this study was based on a bibliographic and documental

Recebido
20/12/2021

Aceito
27/08/2022

Publicado
31/08/2022

 Acesso aberto



 ORCID
0000-0002-6986-8129
André Nicolau
Tropiano Almeida

review made through the Scielo and Science Direct databases and governmental sites. The results point out that biogas, besides its great energetic potential, enables cost reduction in rural properties.

Keywords: Clean energy; Pig farming; Waste; Electricity; Sustainability.

- 0000-0001-7771-3293
Janaina Kawata de
Alencar
- 0000-0003-4498-8682
Fernando de Lima
Caneppele
- 0000-0003-2737-5788
Paulo Roberto Arbex
Silva
- 0000-0002-7269-2806
Luís Roberto Almeida
Gabriel Filho

Introdução

Os impactos oriundos do esgotamento dos recursos naturais, da mudança do clima e do desenvolvimento econômico têm feito com que o mundo todo busque fontes renováveis de produção de energia. Nesse sentido, a diversificação das matrizes energéticas potencializa a redução dos gases de efeito estufa, além de contribuir na redução da pobreza em países emergentes (Luo et al., 2021).

No entanto, apesar dos importantes avanços em termos de adoção de geração de energia por fontes renováveis, nota-se uma participação ainda tímida na demanda total de energia a nível mundial. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019), em 2017, a participação de renováveis na matriz energética mundial foi de 13,9%, enquanto no Brasil a oferta interna de energia, em 2019, foi de 46,1%.

O setor energético brasileiro é basicamente representado pelas fontes renováveis hidráulica, biomassa e biocombustíveis. Assim, entre as fontes alternativas de energia disponíveis no Brasil tem-se o biogás, um gás produzido a partir da decomposição da matéria orgânica, como lixo doméstico, substratos de atividades agrícolas, esgoto, dejetos das atividades pecuárias, entre outros (Guimarães e Galvão, 2015; Silva et al., 2018).

Diante do exposto e do desenvolvimento significativo do setor do agronegócio no Brasil, há uma preocupação com o volume de resíduos e efluentes gerados em espaços confinados (Silva et al., 2018). Segundo EPE (2019), esses resíduos e efluentes podem causar a poluição das águas como também a poluição atmosférica, uma vez que podem contribuir com a emissão de metano, outro gás que corrobora com o processo de aquecimento global.

Desta forma, evidencia-se a importância do tratamento desse processo de decomposição da matéria orgânica por meio de biodigestores. Segundo Lansing et al. (2008) e Silva et al. (2018), biodigestores são estruturas físicas que possibilitam a transformação de resíduos em energia, além da produção de biofertilizantes.

O aumento da produção animal e dos impactos ambientais têm promovido uma certa atenção para o gerenciamento de dejetos. Neste cenário, a suinocultura gera uma grande quantidade de resíduos e o tratamento destes, podem ser convertidos em produtos para reduzir custos na propriedade (Kunz et al., 2009).

Diante deste cenário, objetivou-se verificar as características dos dejetos de suínos na geração de biogás para a produção de energia elétrica e a relação custo benefício da geração de energia na produção de suínos.

Metodologia

Com a finalidade de verificar a produção de biogás por meio de dejetos de suínos, adotou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica e documental por meio do banco de dados *Scielo*, *Science Direct* e sites governamentais.

Para a condução das buscas foram utilizados a combinação dos termos biogás, produção de suínos, suinocultores e digestão anaeróbica, selecionando-se apenas artigos e artigos de revisão, com publicações dos últimos quinze anos.

A fim de viabilizar a análise das informações encontradas, optou-se por utilizar categorias de análise. Para tanto, criou-se as seguintes categorias: suinocultura no Brasil, estratégias de gerenciamento de esterco no Brasil, produção de energia renovável em áreas rurais, e viabilidade econômica no uso de esterco como fonte de energia elétrica.

Resultados e discussão

Suinocultura no Brasil

O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo (ABCS, 2020) e almeja sempre por avanços a fim de estabelecer-se e conquistar novos mercados consumidores. De acordo com o Relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2020), no ano de 2019 o país produziu cerca de quatro milhões de toneladas de carne suína. A Figura 1 apresenta o crescimento do setor na última década.

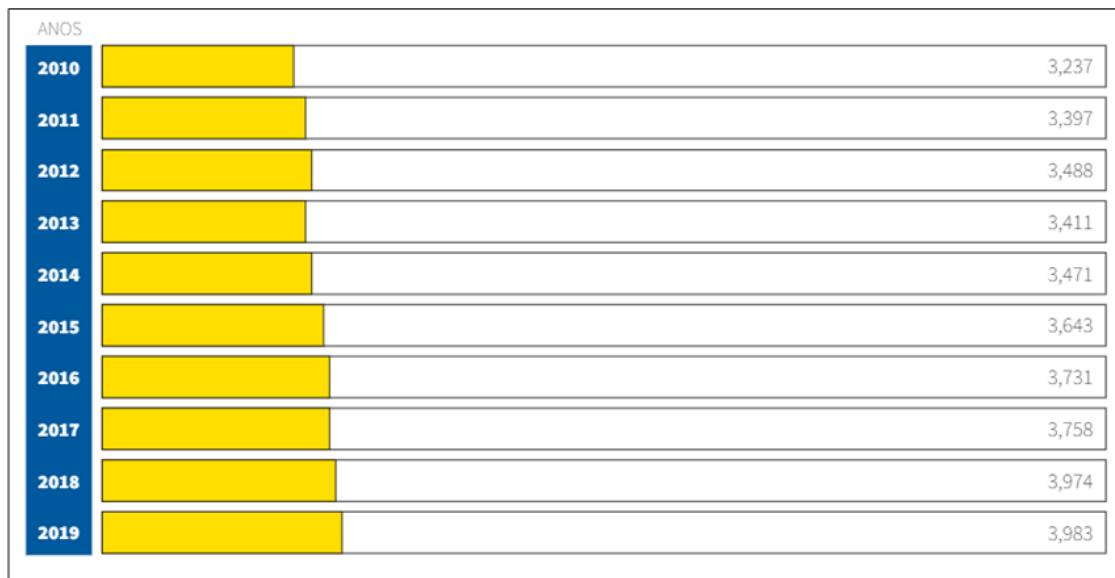


Figura 1. Produção brasileira de carne suína em milhões de toneladas. Fonte: ABPA (2020).

Segundo ABPA (2020), os maiores produtores de carne suína estão localizados na região Sul, sendo o estado de Santa Catarina responsável por 29,59% da produção do país, seguido dos estados do Paraná com 19,85% e Rio Grande do Sul com 19,26%. No ano de 2019, cerca de 19% de carne suína produzida no Brasil foram destinadas à exportação e 81% absorvidas ao mercado interno. Nessa perspectiva, destaca-se a região asiática com 64,80% de importação da produção da carne suína brasileira.

Diante disso, o cenário mundial apresenta uma constante e crescente preocupação, por parte do mercado consumidor, para com as condições de bem-estar e de sustentabilidade (Sarubbi et al., 2010). Uma das preocupações nesta produção de suínos são os dejetos nos quais podem ser utilizados de forma energética, uma vez que o mercado mundial aumentando o consumo e a compra pela carne suína faz com que aumente a produção, e, consequentemente, a quantidade de dejetos contidos nela.

A suinocultura é uma exploração pecuária concentradora de dejetos animais com elevada carga poluidora. Por isso, nos últimos anos, muita atenção passou a ser dada às necessidades de desenvolvimento de tecnologias para a disposição desses resíduos com o intuito de reduzir o impacto de seu descarte sobre o ambiente (Silva, 2015). Em termos comparativos, o potencial poluente dos dejetos suínos é muito superior a outros rejeitos orgânicos, sendo que sua demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pode chegar a 52.000 mg.L⁻¹.

Sousa et al. (2014) observaram a DBO inicial de 6.240 mg.L⁻¹ em dejetos líquidos de suínos em lagoas de estabilização que, após 120 dias, pode ser reduzida para 516 mg.L⁻¹. Nesse contexto, a aplicação de dejetos como fonte de nutrientes para plantas cultivadas tem sido muito estudada, apresentando bons resultados (Assmann et al., 2007; Barnabé et al., 2007; Medeiros et al., 2007; Giacomini e Aita, 2008), sendo que essa prática vem ao encontro da atual necessidade de sustentabilidade ambiental e conservação dos recursos naturais.

De acordo com Santos e Nardi Júnior (2013), o não tratamento de dejetos de suínos é responsável por cerca de 1,3 milhões de toneladas de metano lançados por ano no meio ambiente, o que representa 50% da emissão mundial. A Tabela 1 apresenta a emissão anual de metano proveniente da atividade pecuária.

Tabela 1. Cálculo da emissão anual de metano proveniente de dejetos da exploração pecuária.

CH ₄ de dejetos (em mil toneladas anuais)				
	Aves	Suínos	Bovinos	Soma
Mundo	970,00	8.380,00	7.490,00	16.840,00
Brasil	56,20	292,78	1.012,70	1.361,70
Brasil/Mundo	6%	3%	14%	8%

Fonte: Adaptado de Santos e Nardi Júnior (2013).

Segundo Fernandes Filho et al. (2018), a quantidade de dejetos de suínos produzidos varia de acordo com o número de leitões, fêmeas em lactação ou gestação, machos em idade de crescimento ou terminação e machos reprodutores, além do tipo de instalações, equipamentos e formas de limpezas empregadas.

Além disso, Miranda et al. (2012) expõem a importância de estudos relacionados à nutrição animal com foco no desenvolvimento de rações adequadas para cada tipo de animal, visando um melhor aproveitamento dos nutrientes dos alimentos a fim reduzir a eliminação de nutrientes para o meio ambiente.

Estratégias de gerenciamento de esterco no Brasil

Em virtude do aumento da criação de suínos em todo o território nacional, percebeu-se a necessidade de traçar planos de gestão de dejetos produzidos nesses locais, com a finalidade de reduzir os impactos ambientais.

No Brasil as tecnologias de manejo de resíduos que se destacam nas áreas rurais por possuírem características de baixo custo, são a compostagem e a produção de biogás (Kunz et al., 2009; Fan et al., 2021; Varma et al., 2021).

A compostagem é a tecnologia mais remota para o tratamento de resíduos orgânicos, a qual consiste na reciclagem dos nutrientes presentes nos resíduos possibilitando o seu reaproveitamento como fertilizante. Segundo Kunz et al. (2009) e Silva et al. (2018), a utilização desse mecanismo pode contribuir para o aumento de renda da propriedade por meio da venda do biofertilizante, além de reduzir os custos com transporte dos resíduos.

O biogás é uma mistura gasosa que pode ser produzida por meio dos dejetos de animais e leva em sua composição principalmente gás carbônico (CO_2) e metano (CH_4). O gás produzido pela decomposição da matéria orgânica pode ser utilizado para a geração de energia elétrica e energia térmica (Kunz et al., 2009; Bidart et al., 2014; Silva et al., 2018).

Ainda neste contexto, Sarda et al. (2010), estudaram a emissão dos gases provenientes da compostagem de dejetos de suínos na forma sólida e líquida viram que a emissão de metano é reduzida em até 7 vezes no processo de compostagem e a emissão de gás carbônico representa 78,5% do carbono total mineralizado. O manejo dos resíduos sólidos reduz os impactos ambientais pela mitigação do efeito estufa e a redução de odores e o baixo teor de sólidos nos dejetos prejudicam a eficiência da compostagem.

Alternativa para o tratamento desses dejetos é a compostagem automatizada, em que, o tratamento dos dejetos líquidos de suínos por meio da sua compostagem automatizada propicia uma redução significativa na população de coliformes, indicadores de poluição fecal (Sá et al., 2014).

A tomada de decisão quanto a escolha da estratégia de tratamento de resíduos está relacionada a vários fatores, como a localização e tamanho da propriedade, tamanho da produção, sistemas de alojamento, dentre outros. Segundo Varma et al. (2021), a redução da poluição por meio do tratamento de resíduos envolve processos biológicos, físico-químicos e mecânicos.

Produção de energia renovável em áreas rurais

A crise energética do mundo atual reflete em vários aspectos da vida humana. A utilização irracional das fontes de energias não renováveis está contribuindo diretamente para a degradação do meio ambiente e consequente diminuição dos recursos naturais. O mesmo ocorre na produção agropecuária, devido à grande demanda por alimentos, implica-se elevada utilização de máquinas e recursos não renováveis, como combustíveis fósseis e fertilizantes, comprometendo a sustentabilidade dos agroecossistemas.

De acordo com GTSC A2030 (2020), ainda há no Brasil uma quantidade expressiva de famílias sem acesso à rede de eletricidade, o que vai na contramão do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7, que visa a assegurar o acesso à energia acessível e confiável, sustentável, moderna e com preço acessível para todos.

Diante do exposto, a produção de biogás nas propriedades rurais pode proporcionar a melhoria da eficiência energética no meio rural, além de possibilitar às famílias que residem em áreas mais afastadas, o acesso à energia. Segundo Fernandes Filho et al. (2018), a energia produzida pela digestão anaeróbica de resíduos orgânicos pode ser empregada para diversas finalidades, como por exemplo: para aquecimento, refrigeração, iluminação, cozimento, geradores de energia elétrica, dentre outros.

Com a perspectiva de comercialização de créditos de carbono, houve, a partir de 2005, um crescente interesse e aumento na adoção de biodigestores pelos produtores de suínos (MCT, 2009). Isso levou a um considerável incremento na disponibilidade de biogás e ao surgimento da alternativa da geração de energia elétrica que pode ser aproveitada no sistema de produção ou ser vendida para as concessionárias.

Nesse sentido, com destaque para a geração de energia elétrica, o biogás pode promover benefícios como a geração descentralizada, receita extra a partir da venda da energia gerada, redução de compra de eletricidade, possibilidade de utilização de processos de cogeração, geração de créditos de carbono e redução de odores (Salomon e Lora, 2009).

Viabilidade econômica no uso de esterco como fonte de energia elétrica

A produção de biogás depende diretamente das condições de manutenção e operação do biodigestor e do resíduo. O biogás da produção de suínos é usado diretamente no sistema de conversão de energia elétrica, utilizado em média 10 h por dia. Assim, gera-se um excedente de produção de energia elétrica no qual não é utilizada, tornando-se somente viável a instalação dependendo do dimensionamento técnico da propriedade (Cervi et al., 2010).

Para análise econômica é necessário estimar a demanda de biogás em função do período de geração de energia e o número de suínos necessários para fornecer o volume de dejetos requeridos na alimentação do biodigestor. O volume diário de dejetos produzido por suínos depende da massa metabólica do animal, da qualidade da alimentação e do manejo dos dejetos. Com relação ao uso desses dejetos embora seja possível a comercialização, os resultados demonstram que é mais vantajoso economicamente o uso desta energia na propriedade rural, substituindo ou reduzindo a aquisição da energia elétrica distribuída pela concessionária. No entanto, é necessário que a propriedade tenha equipamentos, instalações que necessitem de uma quantidade de energia que justifique os investimentos na geração com o uso do biogás. Um fator limitante na viabilidade técnica do sistema de geração de eletricidade é o número de animais necessário para produzir os resíduos que são transformados em biogás (Martins e Oliveira, 2011).

Segundo Melo e Souza et al. (2020), o resultado de uma análise entre as granjas produtoras de suínos do estado de São Paulo, mostrou que a melhor relação custo benefício do sistema de tratamento de dejetos suínos são para as granjas que usam esses dejetos para geração de energia elétrica, biofertilizante e créditos de carbono. Isso mostra uma importância ambiental e econômica do tratamento desses desejos que corroboram para produção de produtos com valor agregado, gerando receita para a propriedade, promovendo a sustentabilidade dessas propriedades, algo que é essencial na produção animal e principalmente suinícola.

Conclusão

Este artigo teve como objetivo verificar as características da produção de biogás para a geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos, bem como a relação custo benefício deste tipo de energia renovável.

Nesse contexto, observou-se que a produção de biogás nas propriedades rurais pode amenizar as desigualdades sociais, proporcionando uma melhor qualidade de vida às famílias que residem em áreas de difícil acesso.

Por fim, com destaque para a alta capacidade produtiva de suínos no Brasil e consequentemente elevada produção de dejetos, percebe-se a necessidade de uma destinação correta para esses resíduos levando em consideração o planejamento deste destino, assim como o tamanho da propriedade e o volume de dejetos. Uma alternativa para uso desses dejetos, para que ocorra a preservação ambiental, não praticando o uso incorreto desse resíduo é a utilização como fonte de energia elétrica através da transformação deste em biogás, que em alguns casos e condições, torna-se viável financeiramente para a produção suinícola.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2020**. São Paulo: ABPA, 2020. Disponível em: <<https://abpa-br.org/relatorios/>>. Acesso em: 26 mar. 2021.
- Assmann, T. S.; Assmann, J. M.; Cassol, L. C.; Diehl, R. C.; Manteli, C.; Magiero, E. C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1515-1523, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600028>
- Barnabé, M. C.; Rosa, B.; Lopes, E. L.; Rocha, G. P.; Freitas, K. R.; Pinheiro, E. P. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 3, p. 435-446, 2007.
- Bidart, C.; Fröhling, M.; Schultmann, F. Livestock manure and crop residue for energy generation: Macro-assessment at a national scale. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 38, p. 537-550, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.06.005>
- Cervi, R.; Esperancini, M.; Bueno, O. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000500006>
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Potencial energético dos resíduos agropecuários**. Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-372/topico-492/EPE-DEA-IT_006_2019 - SIEnergia_Potencial Energético dos Resíduos Agropecuários.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2020**: relatório síntese-ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>. Acesso em: 25 mar. 2021.
- Fan, H.; Liao, J.; Abass, O. K.; Liu, L.; Huang, X.; Li, J.; Tian, S.; Liu, X.; Xu, K.; Liu, C. Concomitant management of solid and liquid swine manure via controlled co-composting: Towards nutrients enrichment and wastewater recycling. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 168, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105308>
- Fernandes Filho, A. C. F.; Santana, C. O. S.; Gattamorta, M. A. Utilização de biodigestores para geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos no Brasil. **Inovae**, v. 6, p. 67-84, 2018.
- Giacomini, S. J.; Aita, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 195-205, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100019>
- GTSC A2020 - Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **IV Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável - Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.cidadessustentaveis.org.br>>. Acesso em: 25 abr. 2021.
- Guimaraes, C. M. M.; Galvão, V. Análise da rede de colaboração científica sobre biogás. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, n. 2, p. 120-133, 2015. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/2305>

Kunz, A.; Miele M.; Steinmetz, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.039>

Lansing, S.; Botero, R. B.; Martin, J. F. Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, p. 5881-5890, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.090>

Luo, B.; Khan, A. A.; Ali, M. A. S.; Yu, J. An evaluation of influencing factors and public attitudes for the adoption of biogas system in rural communities to overcome energy crisis: A case study of Pakistan. **Science of the Total Environment**, v. 778, 146208, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146208>

Martins, F. M.; Oliveira, Paulo A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 477-486, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000300008>

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. **Status atual das atividades de projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo**. Brasília: MCT, 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0206/206713.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2021.

Medeiros, T. L.; Rezende, A. V.; Vieira, P. F.; Cunha Neto, F. R.; Valeriano, A. R.; Casali, A. O.; Gastaldello Junior, A. L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 309-318, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200006>

Melo e Sousa, A. P.; Carvalho, B. V.; Hazolf Junior, W.; Soto, F. R. M. Retorno de investimento de sistemas de tratamento de resíduos em granjas de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, n. 1, e-32898, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-32898>

Miranda, A. P.; Lucas Junior, J.; Thomaz, M. C.; Pereira, G. T.; Fukayama, E. H. Anaerobic biodigestion of pigs feces in the initial, growing and finishing stages fed with diets formulated with corn or sorghum. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 47-56, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000100006>

Sá, M. F.; Aita, C.; Doneda, A.; Pujol, S. B.; Cantú, R. R.; Jacques, I. V. C.; Bastiani, G. G.; Oliveira, P. D.; Lopes, P. D. Dinâmica da população de coliformes durante a compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 4, p. 1197-1206, 2014. <https://doi.org/10.1590/1678-6135>

Salomon, K. R.; Lora, E. E. S. Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 9, p. 1101-1107, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.03.001>

Santos, E. L. B.; Nardi Junior, G. Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal. **Tekhne e Logos**, v. 4, n. 2, p. 81-90, 2013.

Sardá, L. G.; Higarashi, M. M.; Muller, S.; Oliveira, P. A.; Comin, J. J. Redução da emissão de CO₂, CH₄ e H₂S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 1008-1013, 2010. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662010000900014>

Sarubbi, J.; Rossi, L. A.; Moura, D. J.; Oliveira, R. A.; David, E. Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 6, p. 1003-1011, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000600002>

Silva, F. P.; Souza, S. N. M.; Kitamura, D. S.; Nogueira, E. C.; Otto, R. B. Energy efficiency of a micro-generation unit of electricity from biogas of swine manure. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, part. 3, p. 3900-3906, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.083>

Silva, A. A.; Lana, A. M. Q.; Lana, A. M. Q.; Costa, A. M. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da brachiaria decumbens e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 2, p. 254-265, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v35n2p254-265/2015>

Sousa, F. A.; Campos, A. T.; Silva, E. B.; Gandini, A. M. M.; Corrêa, J. M. Redução do potencial poluidor de dejetos de suínos em lagoas de estabilização em série. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2014.

Varma, V. S.; Parajuli, R.; Scott, E.; Canter, T.; Lim, T. T.; Popp, J.; Thoma, G. Dairy and swine manure management: Challenges and perspectives for sustainable treatment technology. **Science of The Total Environment**, v. 778, 146319, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146319>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.