

Manejo de dejetos para fazendas pequenas e médias

Marcelo Henrique Otenio¹, Guilherme Henrique da Silva², Larice Aparecida Rezende Santana³, Clérison Wagner Nascimento⁴, Gabriela Maria Fernandes Fiães⁵, Henrique Vieira de Mendonça⁶

¹Pesquisador Embrapa Gado de Leite,

²Estudante de Pós-graduação Doutorando em Engenharia Agrícola na UFV.

³Estudante de Pós-graduação Doutoranda em Ciências Farmacêuticas na UFJF.

⁴Estudante de Pós-graduação Mestrando em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados na UFJF.

⁵Estudante de Pós-graduação Doutoranda em Biodiversidade e Conservação da Natureza na UFJF.

⁶Professor Engenharia Agrícola na UFRRJ.

1. Introdução

O manejo de dejetos em fazendas pequenas e médias é realizado com a adoção de tecnologias de armazenamento, tratamento, transferência e utilização do resíduo, fatores como tamanho da propriedade, volume de dejetos gerado e mão-de-obra disponível, influenciam na escolha das melhores técnicas e processos a serem utilizados. O manejo inadequado de dejetos causa danos ambientais, e manejo adequado é uma oportunidade de ganhos econômicos para o produtor rural. O manejo adequado desses resíduos reduz os riscos ambientais, contribui para a produção agrícola sustentável, aumenta a produtividade e reduz os custos da fazenda. As tecnologias disponíveis para o manejo dos dejetos são simples e de fácil aplicação pelos produtores, não demandam equipamentos sofisticados e possibilitam ganhos econômicos e sociais.

As cadeias produtivas de bovinos de corte e de leite desempenham importante papel socioeconômico no Brasil. O país é o maior produtor mundial de bovinos de corte, com 224,6 milhões de bovinos e o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 35 bilhões de litros por ano, com produção em 98% dos municípios brasileiros, com predominância em fazendas pequenas e médias (Baumbach et al., 2023; Oliveira et al., 2022).

Um dos maiores problemas da criação de bovinos, em sistemas de confinamento ou semiconfinamento, é o volume de esterco produzido diariamente. Esse resíduo quando descartado de forma inadequada pode apresentar efeitos negativos ao ambiente (Pinto et al., 2023). O esterco bovino contém alta carga de matéria orgânica e altas concentrações de nitrogênio,

fósforo e potássio que se lançados no ambiente sem o devido tratamento, podem causar a eutrofização de lagos e rios, sobrecarga de nutrientes no solo e lençóis freáticos e disseminação de micro-organismos patogênicos no solo (Otenio et al., 2018; Pinto et al., 2023).

Apesar do potencial para causar danos ambientais negativos, quando manejado corretamente o esterco bovino é capaz de reduzir a dependência do uso de fertilizantes químicos, o que resulta em economia na produção e benefícios ao solo (Otenio et al., 2018).

A gestão dos dejetos animais, incluindo produção, recolha, armazenamento, tratamento, transferência e utilização é um fator chave para uma produção sustentável (Malomo; Madugu; Bolu, 2018). A gestão correta dos dejetos contribui para desenvolvimento sustentável e benefícios econômicos e sociais (Lovarelli; Bacenetti; Guarino, 2020; Rani et al., 2023; Harrison et al., 2021).

Assim sendo, novas abordagens focadas na recuperação e reutilização dos dejetos animais têm ganhado a atenção da comunidade científica para o desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de proteção do meio ambiente e benefícios obtidos do tratamento dos dejetos (Kim et al., 2022; De Mendonça et al., 2018).

A gestão no manejo de dejetos está relacionada com a capacidade de inovação e adoção de tecnologias. Entretanto, é necessário que os produtores rurais se tornem mais eficientes, se adaptem à nova realidade de tecnologias, com melhorias na gestão dos dejetos com eficiência técnica e econômica, com informação mais qualificada e suficiente para permanecerem no mercado e desenvolverem seu empreendedorismo e sustentabilidade produtiva (Oliveira, 2018).

2. Tecnologias de manejo de dejetos

O manejo de dejetos é realizado de acordo com o sistema de produção, consistência do dejetos (sólido, líquido e semi-sólido), tamanho da propriedade e mão de obra disponível. A escolha das tecnologias para o manejo correto dos dejetos deve ser de acordo com o objetivo do manejo, como, diminuição de carga orgânica, aproveitamento de nutrientes, eliminação de micro-organismos patogênicos, reutilização de água e geração de energia (Gebler e Palhares, 2007).

2.1 Manejo de esterco sólido

Os bovinos confinados produzem cerca de 60 a 85 kg de esterco animal⁻¹ dia⁻¹ e a composição dos dejetos varia de acordo com a alimentação fornecida

(Quadro 1). A quantidade de esterco produzido depende do tipo de gado, alimentação, idade, estação do ano e condições ambientais. O manejo de dejetos de bovinos criados em sistema de confinamento, deve ser realizado de forma a não prejudicar o estado de saúde dos animais e comprometer a produtividade (Aremanda et al., 2023). Levando também em consideração a segurança e saúde do trabalhador e as questões legais e ambientais nos âmbitos federal, estadual e municipal.

Tabela 1 - Quantidades de esterco e de nutrientes produzidos por bovinos no decorrer de um ano.

Componente	Kg/cabeça/ano
Água	13.145
Matéria seca	2.039
Volume Total	15.184

Nutrientes	
N	78,9
P ₂ O ₅	20,6
K ₂ O	93,6
CaO+MgO	35,9

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

O manejo do esterco sólido é realizado a partir da raspagem diária do curral e outras dependências, de forma manual ou mecânica e este deve ser transportado ao local de armazenamento para escoamento do excesso de umidade e para posterior distribuição nas áreas de cultivo para produção vegetal de alimentos para os animais (Genedy; Ogejo, 2023; El Mashad et al., 2023).

O amontoamento do esterco sólido é uma técnica simples, de fácil manejo e baixo custo operacional, realizada de forma gradual, na qual o material permanece amontoado até que seja retirado para o uso como fertilizante. A área para a realização do amontoamento deve ser coberta para evitar que a água da chuva escoe pelos dejetos, contaminando o solo; sem acesso de humanos e animais e distante de fontes de água (nascentes, poços, lagoas e açudes), de modo que não haja risco ambiental para a qualidade do solo e das águas (Palhares, 2021).

O emprego da técnica de raspagem dos esterco sólidos não isenta da necessidade da lavagem periódica dos pisos. A água de limpeza resultante desse processo é destinada à lagoa de esterco líquido (chorumeira) e posteriormente utilizada para fertirrigação em áreas de cultura (Palhares, 2021).

2.2 Manejo de esterco líquido

Para o manejo de esterco líquido proveniente da limpeza hidráulica dos pisos é necessário a construção de tanques (lagoa) para coleta, tratamento e homogeneização do material (Sørensen et al., 2013; Akbulut et al., 2021). A limpeza hidráulica dos pisos é realizada com volume de água suficiente para a higienização.

As lagoas são revestidas para impedir o contato do esterco líquido com o solo e possuem capacidade para armazenar todo o esterco líquido produzido, sem risco de vazamento (Sørensen et al., 2013). No mercado existem diversas soluções de preço acessível para revestimento de lagoas e sistemas de manejo e tratamento de dejetos animais, por exemplo as lonas de revestimento, geomembrana, em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) ou vinil.

A capacidade de armazenamento das lagoas é em função do tamanho do rebanho, sistema de confinamento, diluição de dejetos, tempo de retenção hidráulica, tipo de solo, manejo adotado para o sistema de fertirrigação e quantidade de águas pluviais que o sistema pode suportar. O esterco líquido é geralmente homogeneizado nas lagoas antes da aplicação nas áreas de culturas. Se não for homogeneizado, os sedimentos se acumulam, a lagoa deve ser esvaziada periodicamente para evitar a deposição de lodo ou precipitado que pode com o tempo diminuir a capacidade de armazenamento e o funcionamento adequado do sistema de tratamento planejado (Sørensen et al., 2013).

As fazendas que possuem baixo volume de esterco líquido a utilização de um sistema de fertirrigação é uma boa opção e de fácil manejo. Já para fazendas maiores e consequentemente com maiores volumes de dejetos, para além e antes da fertirrigação, o reuso desta água residuária na limpeza dos pisos do free-stall é um grande ganho em economia de água e energia, com ganho ambiental com a economia de água “nova” (Nestlé e Embrapa, 2022).

2.3 Manejo de esterco semi-sólido

O manejo de esterco semi-sólido é realizado por meio da limpeza hidráulica dos pisos com água suficiente para a remoção do esterco (Brasil, 2018). O armazenamento deste efluente pode ser realizado em chorumeiras (lagoas de esterco líquido) abaixo do nível do solo para facilitar sua condução e com volume suficiente para armazenamento permitindo flexibilidade ao manejo (De Campos, 2021).

A técnica para o manejo de esterco semi-sólido é prática, porém pode gerar grandes volumes de resíduos semi-sólidos para serem manejados. Assim sendo, para fazendas com grande número de animais e pequena área de aplicação, a separação da parte sólida do volume total se torna importante por remover partículas e areia que podem entupir e danificar tubulações e equipamentos de fertirrigação, reduzindo a carga orgânica dos volumes armazenados nas lagoas de tratamento, pela separação dos sólidos fibrosos com conteúdo orgânico remanescente que podem ser destinados para compostagem e posteriormente aplicados na lavoura (Machete e Chabo, 2020).

Os sistemas mais comuns de separação de sólidos são os separadores mecânicos e os decantadores. Separadores mecânicos tipo peneira prensa contém tecnologia que apresenta boa eficiência de separação, utilizada para separação de sólidos de dejetos bovinos, desde que o dejetos não tenha granulometria muito fina (Ogejo et al., 2018).

Os efluentes resultantes do manejo de esterco semi-sólido devem ser destinados para a lagoa e posteriormente utilizado como fertirrigação em áreas de cultura (Gonçalves et al., 2021; Guido et al., 2020). Os efluentes permanecem na lagoa por 15 a 20 dias, para que ocorra uma estabilização, ainda não completa, da matéria orgânica (Gonçalves et al., 2021).

2.4 Reaproveitamento de água residuária

Água residuária é a água descartada da utilização em diversas etapas do processo de manejo de dejetos. Esta água contém materiais poluentes que, se não tratados antes da disposição final, podem comprometer a qualidade da água e do solo (Otenio, 2017; Nascimento et al., 2020).

O reaproveitamento de água residuária faz parte do planejamento e da gestão sustentável dos recursos hídricos das fazendas, para limpezas menos exigentes, como limpeza do curral e fertirrigação (Otenio, 2017). Diante do exposto, este processo é considerado uma solução sustentável que contribui para uso racional da água, além de ser considerado uma alternativa e

oportunidade para conservação da água de qualidade disponível; aumento da disponibilidade de fonte hídrica; possibilidade de adição e reciclagem de nutrientes, diminuindo o uso de fertilizantes químicos; e contribuição para a preservação do meio ambiente (Otenio, 2017; Erthal et al., 2010).

2.5 Compostagem

A compostagem é uma técnica controlada e acelerada de decomposição bioquímica aeróbia de resíduos sólidos, realizada em leiras/pilhas. O revolvimento do resíduo é realizado de forma frequente para misturar e fornecer aeração para garantir a sobrevivência dos micro-organismos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (Malomo; Madugu; Bolu, 2018; Waqas et al., 2023). O período de duração da compostagem ocorre entre 60 e 120 dias e depende das características do material orgânico utilizado e da eficiência do processo (Orrico Junior et al., 2012; (Malomo; Madugu; Bolu, 2018; Waqas et al., 2023).

Apesar de ser uma técnica prática e econômica para o tratamento de resíduos agrícolas, processos caros e inovadores de compostagem foram desenvolvidos e utilizados em fazendas grandes e médias, por serem técnicas que necessitam da utilização de equipamentos de alta tecnologia (Waqas et al., 2023).

O produto final do processo de compostagem possui características e potencial para ser utilizado como fertilizante, o que agrega valor ao sistema produtivo (Orrico Junior et al., 2012). Visto que, a aplicação do produto final do processo de compostagem melhora a fertilidade, capacidade de retenção de água e propriedades biológicas do solo, neste caso o composto atua como condicionante do solo (Malomo; Madugu; Bolu, 2018).

2.6 Biodigestão anaeróbia

Ações sustentáveis como acondicionamento do dejetos para utilização posterior em lavouras e pastagens são práticas aplicadas em fazendas, seguido pela geração e utilização de energias renováveis, por meio do uso de biodigestores anaeróbios, reatores operados sob condições controladas de temperatura, pH e alcalinidade (Rehagro, 2023; Maciel et al., 2019).

A biodigestão anaeróbia, é um bioprocesso sustentável de baixo custo operacional com recuperação de energia, utilizada para tratamento de resíduos orgânicos complexos, como dejetos bovinos, reciclagem do efluente e redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos (Wang et al., 2019; De Mendonça et al., 2018).

Os produtos resultantes do bioprocesso de biodigestão anaeróbia são biogás e o digestato. O biogás é composto por metano, dióxido de carbono e gases residuais. O metano produzido a partir deste bioprocesso é utilizado como fonte de energia renovável e o digestato é utilizado como biofertilizante (Atelge et al., 2020; Jin et al., 2021).

O biofertilizante é uma matéria orgânica rica em elementos orgânicos e minerais, como nitrogênio e fósforo, dentre outros, com capacidade de recuperação de solos degradados. Sua composição varia de acordo com a matéria-prima a ser fermentada. Quando aplicado no solo, o biofertilizante promove o saneamento ambiental e restitui parte dos nutrientes consumidos pelas culturas, atuando como fertilizante e condicionador do solo (Nascimento et al., 2020).

Antes de ser aplicado nas culturas o biofertilizante permanece na lagoa por 30 a 45 dias (Otenio, 2015). A aplicação do biofertilizante é realizada por aspersão, na região foliar ou aplicado em sulcos, na linha do solo. Há também a aplicação com a aplicação dentro do solo com equipamentos mais especializados, que aplicam o biofertilizante minimizando a perda atmosférica. A frequência e época de adubação é de acordo com cada espécie (Barros, 2021). A quantidade de biofertilizante aplicada nas culturas varia de acordo com as concentrações de nutrientes e características do solo (De Mendonça et al., 2018).

O biofertilizante pode substituir parcialmente os adubos químicos e obter bons resultados no cultivo de cana de açúcar, capim elefante (BRS capiaçu) e milho (Nascimento et al., 2020; Maciel et al., 2019; De Mendonça et al., 2018). No Brasil, a aplicação de fertilizante proveniente de dejetos animais em hortaliças que são ingeridas cruas é proibido (Barros, 2021).

2.7 Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica que prioriza o aproveitamento dos nutrientes dos efluentes, com o objetivo de fornecer a quantidade de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica necessários para as culturas vegetais, tanto via solo quanto via foliar. Esta técnica é recomendada para aplicação em culturas de rápido crescimento e grande capacidade de absorção de nitrogênio (Otenio, 2017).

A fertirrigação é aplicada nas culturas de forma localizada ou por superfície, por meio da irrigação por aspersão. No entanto, cuidados como evitar dias com ventos e aplicar água limpa após a fertirrigação, com o objetivo de lavar as folhas da cultura para evitar a queima devem ser tomados (Otenio, 2017).

2.8 Cama de compostagem (*Compost Barn*)

A cama de compostagem é um sistema de alojamento de gado de leite que busca melhorar o conforto das vacas com um custo menor, sendo um sistema de alojamento para os bovinos composto por uma cama de maravalha que, ao mesmo tempo, incorpora princípios de compostagem para gerenciar as fezes bovinas (SEDOON, 2021). O funcionamento do sistema consiste em ter uma fonte de carbono, a maravalha, e uma fonte de nitrogênio, o esterco bovino. A maravalha é colocada no piso do estábulo para formar a cama inicial, com uma altura de aproximadamente 60 centímetros, sendo adicionado mais maravalha, quando necessário, mantendo assim, o equilíbrio da relação entre o carbono e o nitrogênio (C/N) para o correto funcionamento da cama de compostagem (PETZEN et al., 2009).

O sistema de cama de compostagem como prática de manejo dos dejetos bovinos possui diversas vantagens, pois além de promoverem a correta gestão destes resíduos orgânicos, também proporciona um melhor conforto e bem-estar do gado leiteiro, permitindo ganhos em produtividade e saúde, além da redução dos custos de produção (PEIXOTO et al., 2019; SILVA et al., 2020).

3. Conclusões

A escolha da adoção de tecnologias para o correto manejo de dejetos está relacionada com o sistema produtivo da fazenda. As fazendas pequenas e médias devem adequar-se às suas necessidades de modo a contribuir com o desenvolvimento sustentável, de forma que os pilares da sustentabilidade, social, econômico e ambiental interajam entre si.

De modo, a prevenir impactos ambientais negativos, aumentar as oportunidades de negócios por meio de atividades de recuperação e/ou reciclagem proporcionando economia às fazendas; e criar empregos de baixa, média e alta qualificação.

É possível com o manejo correto atender aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), com ganhos de produtividade, onde especificamente nos ODS 2: Fome zero e agricultura sustentável; 6: Água limpa e saneamento, e 7: Energia limpa e acessível pode-se verificar ganhos oriundos do adequado manejo dos dejetos da produção (Medeiros 2018).

4. Agradecimentos:

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas cotas de bolsa. Esta pesquisa foi financiada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Gado de Leite) '[Número da concessão SEG-EMBRAPA 03.16.04.023.00.00]'; e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) '[Projeto: APQ-02872-18] e programa de bolsas; e pelo CNPq.

Referências

- ABBASI, T; TAUSEEF, S. M.; ABBASI, S. A. Anaerobic digestion for global warming control and energy Generation: - An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 16, n. 5, p. 3228-3242, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.046>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112001402>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- AFRIANTI, S. *et al.* Model combination of biodigester and composter. **Caspian Journal of Environmental Sciences** v. 21, n. 1, p. 151-159, 2023. DOI: 10.22124/cjes.2023.6206. Disponível em: https://cjes.guilan.ac.ir/article_6206.html Acesso em: 21 jun. 2023.
- AKBULUT, A. *et al.* Important aspects for the planning of biogas energy plants: Malatya case study. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 26, p. 101076, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101076>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X21002392>. Acesso em: 16 Set, 2023.
- AKINDOLIRE, M. A.; RAMA, H.; ROOPNARAIN, A. Psychrophilic anaerobic digestion: A critical evaluation of microorganisms and enzymes to drive the process. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 161, p. 112394, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9849-5>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032122003045>. Acesso em: 18 Set. 2023.
- AREMANDA, R. B. *et al.* Competence of Cow Manure as a Sustainable Feedstock for Bioenergy and Biofertilizer Production. **International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources**, v. 4, n. 2, p. 59-67, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v4i2.135>. Disponível em: <https://journal.fanres.org/index.php/IJFANRES/article/view/135>. Acesso em: 09 Set. 2023.
- ATELGE, M. R. *et al.* A critical review of pretreatment technologies to enhance anaerobic digestion and energy recovery. **Fuel**, v. 270, p. 117494, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117494>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236120304890>. Acesso em: 25 Set. 2023.
- AZIZ, N. I. H. A.; HANAFIAH, M. M.; ALI, M. Y. M. Sustainable biogas production from agrowaste and effluents - A promising step for small-scale industry income. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 132, p. 1-27, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.149>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148118309467>. Acesso em: 22 jun. 2023.

- BAUMBACH, L. F. et al. HoBi-like Pestivirus Is Highly Prevalent in Cattle Herds in the Amazon Region (Northern Brazil). **Viruses**, v. 15, n. 2, p. 453, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/v15020453>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4915/15/2/453>. Acesso em: 11 set. 2023.
- Barros, T.D. Biofertilizante. In: **Agroenergia**. Brasília: Embrapa, 8 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biofertilizante>. Acesso em: 27 Set. 2023.
- BIENIEK, A. et al. Application of biogas to supply the high compression ratio engine. **Combustion Engines** v. 179, n. 4, p. 40-46, 2019. DOI: 10.19206/CE-2019-406. Disponível em: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element/baztech-b5554ee2-dbde-48e2-9dae-47c4fd851b56>. Acesso em: 07 jun. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pecuária de baixa emissão de carbono**: Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de bovinos de corte e leite em sistemas confinados. Brasília: MAPA, 2018. 88p. ISBN 978-85-7991-112-5. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono/projeto-pecuaria-abc/arquivos-publicacoes/cartilhacarbonoweb.pdf>. Acesso em: 15 Set. 2023.
- BÜCKER, F. et al. Fish waste: An efficient alternative to biogas and methane production in an anaerobic mono-digestion system. **Renewable Energy** v. 147, p. 798-805, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.140>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119313278>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- CHEN, J. L. et al. Toxicants inhibiting anaerobic digestion: A review. **Biotechnology Advances** v. 32, p. 1523-1534, 2014. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.01.057. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975014001542>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2010.
- DE CAMPOS, A. T. Manejo dos Dejetos. In: **Agronegócio do Leite**. Brasília: Embrapa, 8 dez. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-de-producao/instalacoes/manejo-dos-dejetos. Acesso em: 27 set. 2023.
- DE MENDONÇA, H. V. et al. Crescimento de cana-de-açúcar sob aplicação de biofertilizante da bovinocultura e ureia. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, v. 9, n. 4, p. 973-987, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n4p973-987>. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/4460> Acesso em: 12 Jun. 2023.
- DE MENDONÇA, H. V.; OMETTO, J. P. H. B.; OTENIO, M. H. Production of energy and biofertilizer from cattle wastewater in farms with intensive cattle breeding. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228, p. 1-14, 2017. DOI: 10.1007/s11270-017-3264-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-017-3264-1>. Acesso em: 13 Set. 2023.
- DE MENDONÇA, H. V. et al. Biofertilizer replace urea as a source of nitrogen for sugarcane production. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 229, p. 1-7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3874-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3874-2>. Acesso em: 11 Set. 2023.

- DENAGUTTI, R. et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: **Encontro De Energia No Meio Rural**, 4., 2002, Campinas. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 29 Sep. 2023.
- DIVYA, D.; GOPINATH, L. R.; MERLIN CHRISTY, P. A. Review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 42, p. 690-699, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.055>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114008806>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- EL MASHAD, H. M. et al. Anaerobic Digestion and Alternative Manure Management Technologies for Methane Emissions Mitigation on Californian Dairies. **Atmosphere**, v. 14, n. 1, p. 120, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos14010120>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/14/1/120>. Acesso em: 07 Set. 2023.
- ERTHAL, V. J.T et al. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residual de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 458-466, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000500002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbeaa/a/4RY337nrwFDmYxncPHyVSLJ/?lang=pt>. Acesso em: 16 Set. 2023.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Livestock solutions for climate change**. 2017, Rome. Disponível em: <https://www.fao.org/3/I8098EN/i8098en.pdf>. Acesso em 07 set 2023.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Supporting effective decision-making: livestock sector investment and policy toolkit**, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/sustainability/success-stories/detail/en/c/1295645/>. Acesso em 07 set 2023.
- FLORES-MENDOZAA, A. P. et al. Methanogenesis of raw cheese whey: pH and substrate-inoculum ratio evaluation at mesophyll temperature range. **Chemical Technology and Biotechnology**, p. 1-26, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.6391>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.6391>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- FREITAS, F. F. et al. The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 101, p. 146-157, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118307391>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. **Gestão ambiental na agropecuária**. Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. E-book. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00081830.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2023.
- GENEDY, R.; OGEJO, J. Quantifying ammonia lost to the atmosphere during manure storage on a dairy farm as influenced by management and meteorological parameters. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 354, p. 108563, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108563>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880923002220>. Acesso em: 06 Set. 2023.

- GUIDO, V. et al. Effect of mitigation techniques on ammonia emissions and nutrients recovery: the role of fertigation with digestate. In: 2020 IEEE **International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)**. IEEE, 2020. p. 39-43. DOI: 10.1109/MetroAgriFor50201.2020.9277608. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9277608>. Acesso em: 14 Set. 2023.
- GONÇALVES, T. W. et al. Use of deject pond in a containment in dairy property in the municipality of Douradina-ms. **Realização**, v. 8, n. 16, p. 33-42, 2021. DOI: 10.30612/realizacao.v8i16.15351. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/realizacao/article/view/15351>. Acesso em: 16 Set. 2023.
- HARRISON, M. T. et al. Carbon myopia: The urgent need for integrated social, economic and environmental action in the livestock sector. **Global Change Biology**, v. 27, n. 22, p. 5726-5761, 2021. DOI: 10.1111/gcb.15816. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.15816>. Acesso em: 10 set. 2023.
- HUSSEIN, M. et al. Sustainable production of housefly (*Musca doméstica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. **PLoS ONE**, São Francisco, v. 12, n. 2, p. e0171708, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171708>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- JIN, C. et al. Anaerobic digestion: An alternative resource treatment option for food waste in China. **Science of the Total Environment**, v. 779, p. 146397, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146397>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721014650>. Acesso em: 24 Set. 2023.
- JURGUTIS, L. et al. Towards a full circular economy in biogas plants: Sustainable management of digestate for growing biomass feedstocks and use as biofertilizer. **Energies** v. 14, n. 14, p. 4272, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14144272>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/14/4272>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985.
- KIM, J. et al. Upcycling of cattle manure for simultaneous energy recovery and supercapacitor electrode production. **Energy**, v. 258, p. 124877, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124877>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222017807>. Acesso em: 08 set. 2023.
- LEON, F. A. et al. Proposal for modelling and numerical simulation with scilab for learning the continuous and discontinuous dynamics of biological and anaerobic digesters. **Desalination and Water Treatment** v. 234, p. 15-21, 2021. DOI: 10.5004/dwt.2021.27535. Disponível em: <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/112214>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- LOVARELLI, D.; BACENETTI, J.; GUARINO, M. A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? **Journal of Cleaner Production**, v. 262, p. 121409, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620314566>. Acesso em: 08 set. 2023.
- MACIEL, A. M. et al. Aplicação de biofertilizante de bovinocultura leiteira em um planossolo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 151-171,

2019. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n1p151-171>. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5683>. Acesso em: 17 jun. 2023.
- MACHETE, J.B.; CHABO, R.G. A Review of piggery manure management: generally, across western, Asian and African countries. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v. 14, n. 1, p. 17-27, 2020. DOI: <https://doi.org/10.37106/bojaas.2020.17>. Disponível em: <https://bojaas.buan.ac.bw/index.php/jaas/article/view/17>. Acesso em: 16 Set. 2023.
- MALOMO, G.A.; MADUGU, A.S.; BOLU, S.A. Sustainable Animal Manure Management Strategies and Practices. **Agricultural Waste and Residues**, v. 119, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.78645. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/62236>. Acesso em: 07 set. 2023.
- MEDEIROS, C.A.B. et al. **Fome zero e agricultura sustentável**: contribuições da Embrapa. 2018. E-book (74 p.). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1090704/2/ODS2fomezeroeagriculturasustentavel.pdf>. Acesso em: 07 set. 2023.
- MUHONGO, V. R.; PREGO, G. J.; VALENTIM, A. F. Production of Biogas and Electric Energy in the Rural Environment. **Environment. International**, v. 11, n. 4, p. 66-74, 2022. Doi: 10.11648/j.ijrse.20221104.11. Disponível em: <https://www.sciencepublishinggroup.com/journal/index?journalid=169>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- NASCIMENTO, A. M. et al. Biofertilizer application on corn (*Zea mays*) increases the productivity and quality of the crop without causing environmental damage. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 231, p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04778-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-04778-6>. Acesso em: 15 Set. 2023.
- NASCIMENTO, A. M et al. Quantitative microbial risk assessment of occupational and public risks associated with bioaerosols generated during the application of dairy cattle wastewater as biofertilizer. **Science of The Total Environment**, v. 745, p. 140711, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140711>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720342339>. Acesso em: 09 Set. 2023.
- NESTLÉ; EMBRAPA. **Manual Nature por Ninho**. Versão 1- 2022. Disponível em: https://www.nestle.com.br/sites/g/files/pydnoa436/files/2022-06/Manual-Nature-por-Ninho-25_03_22.pdf. Acesso em: 12 Set. 2023.
- NGUYEN, V. K. et al. Review on pretreatment techniques to improve anaerobic digestion of sewage sludge. **Fuel** v. 285, p. 119105, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119105>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236120321013>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- NKUNA, R. et al. Insights into organic loading rates of anaerobic digestion for biogas production: a review. **Critical Reviews in Biotechnology** v. 42, n. 4, p. 487-507, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1942778>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07388551.2021.1942778>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- OGEJO, J. A. et al. **Selecting a Treatment Technology for Manure Management**. 2018. Disponível em: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/88104/BSE-242.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 Set. 2023.

- OLIVEIRA, R. M. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília: Portal Embrapa, 2018. E-book (214 p.). Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>. Acesso em: 27 Set. 2023.
- OLIVEIRA, P. P. A. et al. Greenhouse gas balance and mitigation of pasture-based dairy production systems in the Brazilian Atlantic Forest Biome. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 958751, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.958751>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2022.958751/full>. Acesso em: 10 set. 2023.
- ORRICO JUNIOR, M. A. P. et al. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1301-1307, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000500030>. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbza/xTbLVVjBdLgpxxLph55d7vJ/?lang=pt>. Acesso em: 17 Set. 2023.
- OTENIO, M. H. Reaproveitamento de água residuária em sistemas de produção de leite. In: MARTINS, P. do C. et al. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite**: desafios e perspectivas. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33888527.pdf#page=140>. Acesso em: 26 Set. 2023.
- OTENIO, M. H. et al. **Reaproveitamento de água residuária em sistemas de produção de leite em confinamento**: conteúdos elaborados conforme a metodologia e-Rural. Juiz de fora: Embrapa Gado de leite, 2017. 5 p. (Embrapa Gado de Leite, Comunicado técnico, 78). ISSN 1678-3131. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1070608>. Acesso em: 14 Set. 2023.
- OTENIO, M. H. et al. **Aplicação de biofertilizante de água residuária da bovinocultura leiteira na cultura do milho**. Juiz de fora: Embrapa Gado de leite, 2018. 9 p. (Embrapa Gado de Leite, Comunicado técnico, 86). ISSN 1678-3131. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181673/1/COT-86-Aplicacao-de-Biofertilizante.pdf>. Acesso em: 07 set. 2023.
- OTTONI, J. R. et al. Cultured and uncultured microbial community associated with biogas production in anaerobic digestion processes. **Archives of Microbiology, Germany**, v. 204, n. 6, p. 340, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02819-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00203-022-02819-8>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- PALHARES, J. C. P. **Amontoamento de resíduos orgânicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2021. 9 p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Comunicado técnico, 109). ISSN 1517-1116. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229408/1/AmontoamentoResiduosOrganicos-ComunicadoTecnico.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2023.
- PASALARI, H. et al. Perspectives on microbial community in anaerobic digestion with emphasis on environmental parameters: A systematic review. **Chemosphere**, v. 270, p.128618, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128618>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520328137>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- PEIXOTO, M. S. M. et al. Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, v. 52, n. 7, p. 1120-1129, 2019.

- PETZEN J. et al. Eagle view compost Dairy barn. Cornell Cooperative Extension of Wyoming County. NY Farm Viability Institute, 2009.
- PINTO, J. A. et al. Study of the anaerobic co-digestion of bovine and swine manure: Technical and economic feasibility analysis. **Cleaner Waste Systems**, v. 5, p. 100097, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100097>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772912523000234>. Acesso em: 13 set. 2023.
- PRAMANIK, S. K. et al. **The anaerobic digestion process of biogas production from food waste**: Prospects and constraints. *Bioresource Technology Reports*, v. 8, p. 100310, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100310>. Acesso em: 26 jun. 2023.
- RANI, G. M. et al. Agro-waste to sustainable energy: A green strategy of converting agricultural waste to nano-enabled energy applications. **Science of The Total Environment**, v. 875, p. 162667, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162667>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723012834>. Acesso em: 14 set. 2023.
- REHAGRO. Sustentabilidade na pecuária leiteira: saiba como produzir com eficiência. In: **Rehagro Bloog**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/eficiencia-e-sustentabilidade-na-pecuaria-leiteira/>. Acesso em: 27 set. 2023.
- SEDOON, A. S. O Sistema de Compost Barn - Canal do Leite. Disponível em: <https://canaldoleite.com/artigos/o-sistema-de-compost-barn/>. Publicado em: 25 de jun. 2021. Acesso em: 22 jun. 2023.
- SILVA, M. V. et al. Spatial variability and exploratory inference of abiotic factors in barn compost confinement for cattle in the semiarid. **Journal of Thermal Biology**, v. 94, p. 102782-102782, 2020.
- SIQUEIRA, P.H.M.; OLIVEIRA, T.S.C.; SIQUEIRA, K.B.; FARIA, W.R.; CARVALHO, G.R. Impacto da renda na demanda de proteína animal no Brasil: uma análise regional. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.39, n.3, p. 27128, 2022. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2022.v39.27128. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/27128>. Acesso em: 20 Set. 2023.
- SØRENSEN, C.A. Get al. Technologies and logistics for handling, transport and distribution of animal manures. **Animal manure recycling: treatment and management**, p. 211-236, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118676677.ch12>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118676677.ch12>. Acesso em: 11 Set. 2023.
- WANG, C. et al. Responsiveness extracellular electron transfer (EET) enhancement of anaerobic digestion system during start-up and starvation recovery stages via magnetite addition. **Bioresource Technology**, v. 272, p. 162-170, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.10.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852418314275>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- WAQAS, M. et al. Composting Processes for Agricultural Waste Management: A Comprehensive Review. **Processes**, v. 11, n. 3, p. 731, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr11030731>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/3/731>. Acesso em: 17 Set. 2023.