

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GABRIELLI TORNOI

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: SOLUÇÕES
TECNOLOGICAS PARA A AGROPECUÁRIA**

**Ilha Solteira - SP
2025**

GABRIELLI TORNOI

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: SOLUÇÕES
TECNOLOGICAS PARA A AGROPECUÁRIA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira – Unesp como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Zootecnista.

Diogo Tiago da Silva
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

T686g Torno, Gabrieli.
Gestão sustentável de resíduos orgânicos: soluções tecnológicas para a agropecuária / Gabrieli Torno . -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
32 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2025

Orientador: Diogo Tiago da Silva

Inclui bibliografia

1. Vermicompostagem. 2. Biofertilizantes. 3. Biodigestor. 4. Tecnologias . 5. Implementação .


Amanda Sertori dos Santos

Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ZOOTECNIA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: "GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS:
SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA A AGROPECUÁRIA"

ALUNA: GABRIELLI TORNOI – RA 171051335

ORIENTADOR: Prof. Dr. Diogo Tiago da Silva

- Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora

Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente
DIOGO TIAGO DA SILVA
Data: 01/07/2025 11:41:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Diogo Tiago da Silva
Presidente (Orientador)



Documento assinado digitalmente
ANDRÉ GUSTAVO LEAO
Data: 01/07/2025 15:51:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Gustavo Leão



Documento assinado digitalmente
VICTORIA DE ALENCAR REZENDE
Data: 01/07/2025 12:07:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Victória de Alencar Rezende



Documento assinado digitalmente
GABRIELLI TORNOI
Data: 01/07/2025 17:52:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aluna: Gabrielli Torno

DEDICATÓRIA

Dedico esse projeto a toda minha família, em especial aos meus pais que estiveram sempre comigo em toda essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre se fez presente em minha vida. Agradeço a minha família que sempre me apoiou e esteve comigo em todas as situações, aos meus amigos da republica Toca da Ursa e colegas de turma que fizeram partes dessa conquista ao longo desses anos. Por fim, e não menos importante, dedico ao professor orientador Diogo Tiago da Silva que sempre me apoiou e ensinou. Meu muito obrigado a todos vocês.

RESUMO

A gestão sustentável de resíduos orgânicos na agropecuária é uma prática fundamental para reduzir impactos ambientais e promover o uso eficiente de recursos naturais. Este trabalho tem como objetivo analisar soluções tecnológicas aplicadas à zootecnia para o tratamento e aproveitamento dos resíduos, com ênfase na biodigestão de dejetos suínos como fonte de energia renovável. Por meio de uma pesquisa bibliográfica e da análise de estudos de caso, são abordados métodos como compostagem, vermicompostagem e o uso de biodigestores para transformar resíduos em biofertilizantes e biogás. A biodigestão de fezes suínas mostra-se especialmente eficiente na geração de energia térmica e elétrica, além de contribuir para o controle sanitário e a redução de gases de efeito estufa. Os resultados apontam que a adoção dessas tecnologias melhora a sustentabilidade das propriedades rurais, agrega valor aos resíduos e possibilita economia com insumos. Conclui-se que, embora haja desafios na implementação, como o custo inicial e a capacitação técnica, essas soluções são viáveis e necessárias para uma agropecuária mais ecológica e economicamente rentável.

Palavras-chave: Vermicompostagem; Biofertilizantes; Biodigestor; Tecnologias; Implementação.

ABSTRACT

The sustainable management of organic waste in agriculture is a fundamental practice for reducing environmental impacts and promoting the efficient use of natural resources. This work aims to analyze technological solutions applied to animal husbandry for the treatment and use of waste, with an emphasis on the biodigestion of pig manure as a source of renewable energy. Through bibliographic research and analysis of case studies, methods such as composting, vermicomposting and the use of biodigesters to transform waste into biofertilizers and biogas are addressed. Biodigestion of pig feces is especially efficient in generating thermal and electrical energy, in addition to contributing to sanitary control and the reduction of greenhouse gases. The results indicate that the adoption of these technologies improves the sustainability of rural properties, adds value to waste and enables savings on inputs. It is concluded that, although there are challenges in implementation, such as initial cost and technical training, these solutions are viable and necessary for more ecological and economically profitable agriculture.

Keywords: Vermicomposting; Biofertilizers; Biodigestion; Technologies; Implementation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Biodigestor modelo Indiano e representação tridimensional em corte.	17
Figura 2. Biodigestor modelo Batelada e representação tridimensional em corte.....	18
Figura 3. Biodigestor modelo Chinês e representação tridimensional em corte.	18
Figura 4. Fases da compostagem.	22
Figura 5. Identificação dos resíduos orgânicos disponíveis na propriedade	25
Figura 6. Montagem da pilha de compostagem, utilizando material fibroso e resíduo animal rico em nitrogênio.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção média diária de esterco, urina e dejetos líquidos de suínos em diferentes fases de vida.	13
Tabela 2. Produção diária de dejetos por animal e equivalente produção de biogás.	16
Tabela 3. Seleção dos produtos ricos em Carbono e Nitrogênio para compostagem.	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4 . REVISÃO DE LITERATURA	11
4.1 Sustentabilidade ambiental e econômica no meio rural para resíduos de origem animal	11
4.2 Resíduos Orgânicos na Agropecuária: suinoculturas em foco	12
4.3 Tecnologias Sustentáveis na Gestão de Resíduos.....	15
4.3.1 Biodigestores.....	15
4.3.2 Tipos de Biodigestores.....	16
4.4 Resíduos Orgânicos: compostagem em foco	19
4.4.1 Histórico.....	19
4.4.2 A Compostagem como solução para resíduos orgânicos e seus benefícios agrônômicos.....	20
4.4.3 As fases e condições essenciais da compostagem.....	21
4.4.4 Etapas Essenciais para a Condução da Compostagem	24
5. RESULTADOS	27
5.1 Análise crítica pela autora	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da atividade agropecuária nas últimas décadas tem gerado não apenas aumento na produção de alimentos, mas também a intensificação da geração de resíduos orgânicos, especialmente em sistemas de criação intensiva (Mesquita, 2025). Dentre os setores que mais contribuem para esse cenário está a suinocultura, responsável por volumes significativos de dejetos que, se manejados de forma inadequada, podem causar sérios impactos ambientais, como a contaminação do solo, da água e a emissão de gases de efeito estufa. Nesse contexto, torna-se urgente adotar práticas sustentáveis de gestão de resíduos, aliadas à inovação tecnológica e à viabilidade econômica (Moraes *et al.*, 2017).

A gestão sustentável de resíduos orgânicos na agropecuária visa não apenas mitigar os danos ambientais, mas também transformar esses resíduos em recursos úteis, como biofertilizantes e energia renovável, além disso, essa prática atende a legislação brasileira nº 12.305/2010, também conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010; Rocha; Grilo-Junior, 2018). Tecnologias como a compostagem, a vermicompostagem e, principalmente, a biodigestão por meio de biodigestores vêm sendo aplicadas com sucesso em diversas propriedades rurais. A biodigestão de fezes suínas, por exemplo, permite a geração de biogás, utilizado na produção de energia elétrica e térmica, além de proporcionar subprodutos ricos em nutrientes que podem ser utilizados na adubação de pastagens e culturas (Oliveira, 2016).

2. OBJETIVOS

Analisar as principais soluções tecnológicas voltadas à gestão sustentável de resíduos orgânicos na agropecuária, com ênfase na aplicação da biodigestão de dejetos suínos e compostagens.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa do tipo bibliográfica, exploratória e qualitativa. Foi realizado um levantamento bibliográfico no período de março de 2025 a junho de 2025, reunindo artigos de periódicos, trabalhos apresentados em eventos, trabalhos acadêmicos, legislação e documentos em meio eletrônico, que explanam sobre a geração, destinação e reaproveitamento de resíduos orgânicos na agropecuária, e técnicas sustentáveis de processamento de resíduos orgânicos: biodigestão e compostagens. As plataformas utilizadas para a pesquisa foram Scielo – Scientific Eletronic Library Online (<http://www.scielo.org/php/index.php>); Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>), Periódicos Capes (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>), sendo que foram utilizadas as palavras-chaves para a pesquisa: resíduos sólidos orgânicos na agropecuária, compostagem, vermicompostagem, e biodigestão, resíduos das suinoculturas.

4 . REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Sustentabilidade ambiental e econômica no meio rural para resíduos de origem animal

O Brasil enfrenta um desafio significativo: impulsionar o crescimento da produção agropecuária enquanto simultaneamente diminui seus impactos sobre os recursos naturais. Essa questão ganha relevância em meio a discussões globais e à crescente demanda social por um novo modelo de desenvolvimento que consiga harmonizar a expansão econômica com a preservação ambiental (Sambuichi *et al.*, 2012).

Diante das crescentes alterações ambientais globais, a busca por inovações que ajudem a reduzir a poluição tem sido um foco central de estudos nas últimas décadas. O objetivo é aprimorar a qualidade de vida, promover melhorias ambientais e, ao mesmo tempo, cumprir as exigências legais para o manejo de esterco animais. Essa busca por tecnologias sustentáveis e de baixo custo, em particular, tem aberto novas oportunidades para o desenvolvimento das propriedades de famílias rurais (Alcócer *et al.*, 2020).

É crucial que o produtor rural moderno tenha acesso às tecnologias disponíveis para otimizar a produção, minimizar desperdícios e combater a poluição. No Brasil, incentivar as novas gerações a permanecerem no campo é fundamental. Para isso, devemos oferecer-lhes condições de conhecer novos implementos, com o apoio de cursos que os preparem para o uso dessas máquinas. Além disso, é importante que adquiram conhecimento aprofundado sobre o cultivo da terra e técnicas de gestão. Dessa forma, será possível promover uma melhor qualidade de vida e sustentabilidade para

os descendentes dos agricultores, preservando suas tradições, estilo de vida e valorizando essa cultura para o futuro (Toledo; Proença, 2022).

A tecnologia do biodigestor permite a produção de biogás ao extrair metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2) de compostos orgânicos, como restos de alimentos, esterco, urina, folhas e resíduos de culturas, armazenados em seu tanque de compostagem. Dessa forma, o que seria descartado como lixo ou material sem utilidade pelo produtor é convertido em energia elétrica, visto que o metano e o gás carbônico são os principais componentes do biogás (Toledo; Proença, 2022).

Ademais, dejetos com características sólidas podem ser tratados biologicamente via compostagem ou cama sobreposta ou biológica, enquanto os líquidos podem passar por processos de lagoas de decantação. A compostagem opera como um local de armazenamento de dejetos onde a fermentação bacteriana os transforma em um material orgânico, utilizado primariamente como adubo. Por sua vez, a cama sobreposta (ou biológica) é uma área onde os animais defecam. Nela, as partes sólidas e líquidas dos dejetos se infiltram e fermentam, gerando um composto que pode ser empregado tanto como adubo quanto para a compostagem (Cardoso; Oyamada; Silva, 2015).

No Brasil, a compostagem tem se destacado como uma alternativa de tratamento para os dejetos suínos, especialmente em áreas de produção intensiva. Esse processo resulta em um composto orgânico estabilizado, que pode ser empregado como fertilizante orgânico (Cardoso; Oyamada; Silva, 2015).

4.2 Resíduos Orgânicos na Agropecuária: suinoculturas em foco

A agropecuária é uma das principais atividades geradoras de resíduos orgânicos no meio rural. A intensificação dos sistemas produtivos tem elevado significativamente a quantidade de resíduos gerados, especialmente em criações confinadas (Ferraresi *et al.*, 2021). Esses resíduos, se não forem devidamente manejados, podem causar impactos ambientais relevantes, como a contaminação de solos e mananciais, além da emissão de gases de efeito estufa (Kunz *et al.*, 2005).

Até a década de 1970, os dejetos dos suínos não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena e o solo das propriedades tinha capacidade para absorvê-las ou eram utilizados como adubo orgânico. Mais com o passar dos anos foi se tornando um fator preocupante (Bezerra *et al.*, 2014).

Após o ano 2000, a suinocultura tem se destacado pela grande quantidade de dejetos que produz e pelos problemas consequentes. A composição dos dejetos suínos abrange fezes, urina, resíduos de ração, cerdas, material particulado e elementos inerentes ao processo produtivo, como sangue, além de água. Na Tabela 01 é possível observar a produção média diária de esterco, urina e dejetos líquidos de suínos de acordo com sua fase/classificação. Em geral, estes resíduos

apresentam coloração escura e consistência predominantemente líquida, embora possam ocorrer variações para pastosa ou sólida sempre de forte odor (Barros *et al.*, 2019).

Tabela 1. Produção média diária de esterco, urina e dejetos líquidos de suínos em diferentes fases de vida.

Categoria de Suínos	Esterco (Kg)	Esterco + urina (Kg)	Dejetos líquidos (L)
25 -100kg	2,3	4,9	7,0
Porcas em Gestação	3,6	11,0	16,0
Porcas em Lactação	6,4	18,00	27,0
Machos	3,0	6,0	9,0
Leitão desmamado	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,8	8,6

Fonte: Oliveira (1993 apud Oliveira, 2016).

A suinocultura, apesar de sua grande relevância econômica, social e cultural, possui um considerável potencial poluidor. Isso se deve ao vasto volume de dejetos gerados pelos animais, que afeta diretamente a sustentabilidade da produção. Quando esses resíduos não são tratados adequadamente, podem ocasionar ou intensificar diversos problemas ambientais, como a contaminação do lençol freático, acúmulo de elementos tóxicos, salinização e impermeabilização do solo, além de desequilíbrios nutricionais e a contaminação de culturas por meio da transmissão de patógenos e parasitos (Cardoso, 2015 apud Segnfredo, 2000).

O descarte impróprio desses dejetos em rios, lagos e no solo pode também desencadear sérios problemas de saúde pública, incluindo verminoses, alergias e hepatite, além de causar desconforto à população devido à proliferação de insetos e mau cheiro. Na questão ambiental, os impactos são severos, abrangendo a morte de peixes e outros animais, toxicidade em plantas e a eutrofização de corpos d'água, conforme apontado por Moraes *et al.* (2017). Diante desse cenário, o tratamento eficaz desses poluentes torna-se essencial para a continuidade da atividade e para um manejo eficiente dos resíduos suínos, sendo imprescindível o acompanhamento técnico nas propriedades (Bezerra *et al.*, 2014).

Nesse contexto, o termo "aproveitamento econômico dos dejetos" torna-se mais apropriado do que "tratamento dos dejetos". Na prática, os sistemas de produção animal raramente empregam tecnologias de tratamento de efluentes que permitam o descarte direto em corpos d'água. Em vez disso, focam em tecnologias e sistemas de manejo para o aproveitamento ou a simples distribuição dos dejetos no solo. A maioria dos sistemas de tratamento que permitiriam o descarte direto em

corpos d'água são, além de economicamente inviáveis, impeditivos para a exploração do potencial econômico dos resíduos da produção (Oliveira, 2016).

Silva (1973) argumentou que o esterco de suíno atua primariamente como um condicionador de solo quando aplicado diretamente na terra. Ele fundamentou essa visão na observação de que o esterco suíno possui baixas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em comparação com os fertilizantes químicos. Contudo, Moraes *et al.* (2016) ponderam que o nitrogênio que os suínos excretam é, na verdade, o N da dieta que não foi utilizado para formar proteína corporal (em animais em crescimento) ou que não foi transferido para o leite (em porcas lactantes). Essa dinâmica se agrava quando há alto consumo de proteína na dieta dos suínos, pois isso leva a um aumento na ingestão de água. Consequentemente, há um maior volume de urina, elevando as concentrações de ureia e amônia. Além disso, o consumo elevado de nitrogênio, e a subsequente maior ingestão de água, aceleram a passagem dos nutrientes pelo intestino delgado, resultando em um maior volume e na excreção de N também pelas fezes. Desse modo, a eficácia agrônômica e o valor econômico do esterco suíno são diretamente proporcionais à sua riqueza em nutrientes. Ou seja, quanto maior a concentração de elementos nutritivos da sua dieta, maior será o teor de elementos químicos nos dejetos, e consequentemente mais benéficos eles serão para a agricultura (Barros *et al.*, 2019).

O aproveitamento do nitrogênio (N) pelos suínos é notavelmente baixo: em qualquer sistema de produção, cerca de 65% a 70% do N presente na ração é excretado nas fezes e urina. Esse nitrogênio, ao ser depositado em biodigestores ou esterqueiras, passa por um processo biológico de mineralização, transformando o N orgânico em amônia, uma forma que pode ser facilmente assimilada pelas plantas (Barros *et al.*, 2019).

A suinocultura contribui para as emissões de gases de efeito estufa, com 9% do total atribuído aos rebanhos suínos. Desse percentual, uma média de 16% está diretamente ligada ao manejo inadequado dos dejetos (Brasil, 2016).

A implantação dos biodigestores, além de melhorar as condições do meio ambiente, pode ser uma fonte de renda para o produtor por meio da geração de gás e consequentemente, energia elétrica e calor. Muitas empresas de suinocultura adotaram os biodigestores em detrimento de outras tecnologias. O equipamento permite solucionar o problema ambiental de eliminar consideravelmente o odor que exala dos resíduos animais, diminuir a proliferação de vetores, e reduzir a emissão de gases na atmosfera. Tendo em vista estes dados pode-se entender que o tratamento destes resíduos se torna indispensável para a suinocultura, sendo que além de proteger o meio ambiente, consegue-se uma fonte alternativa de energia, obter retorno financeiro pela venda de créditos de carbono, com a utilização dos biodigestores (Bezerra *et al.*, 2014).

Diante desse cenário, a biodigestão anaeróbia emerge como um processo fundamental. Além de reduzir significativamente o potencial poluidor dos resíduos das granjas, ela apresenta vantagens como a ausência de geração de calor e a minimização da volatilização de gases em pH neutro. (Fischer et al., 1979; Souza *et al.*, 2005). Conforme Cardoso; Oyamada; Da Silva (2015), o uso de biodigestores proporciona o fornecimento de biogás como combustível no meio rural e a produção de biofertilizante, valorizando os dejetos para uso agrônômico via fertirrigação.

Este processo é crucial para reduzir significativamente o potencial poluidor dos resíduos das granjas, pois não gera calor e minimiza a volatilização de gases em pH neutro. Além disso, a biodigestão permite a recuperação de energia na forma de biogás e a reciclagem do efluente, disponibilizando a matéria orgânica residual para a produção de biofertilizantes (Fischer *et al.*, 1979; Souza *et al.*, 2005). Uma das principais vantagens da geração de biogás em biodigestores, comparada a métodos convencionais de produção de energia como álcool de cana-de-açúcar ou óleos de outras culturas, é que ela não compete com a produção de alimentos. Diferente desses outros métodos que exigem grandes extensões de terra, o biogás oferece uma energia limpa derivada de resíduos que, de outra forma, seriam descartados e causariam danos ambientais (Miranda, 2009). A tecnologia também se destaca por apresentar menor tempo de retenção hidráulica e menor necessidade de área em comparação com outros sistemas anaeróbios.

4.3 Tecnologias Sustentáveis na Gestão de Resíduos

4.3.1 Biodigestores

O desenvolvimento de biodigestores começou na Índia em 1939; O Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola em Kanpur criou a primeira usina de energia movida a gás usando esterco como matéria-prima. Graças a esse sucesso, os indianos continuaram suas pesquisas e em 1950, criaram o Gobar Gas Institute, responsável pelo desenvolvimento do modelo indiano de biodigestor, que produz mais biogás e aumenta o aproveitamento do material utilizado. Esses resultados espalharam a mensagem de que um biodigestor seria a solução para vários problemas humanos, pois a tecnologia utiliza dejetos orgânicos para produzir biogás e abastece o produtor com fertilizante para adubar as lavouras, promovendo assim um ciclo sustentável (Toledo; Proença, 2022).

O biodigestor é um reator onde acontecem sob condições controladas os processos biológicos que geram o biogás (Embrapa, 2025).

Esse sistema utiliza a biomassa gerada nas propriedades rurais para gerar benefícios a elas. O resultado esperado é a redução significativa das emissões de gases de efeito estufa, quando comparadas às emissões que ocorreriam na ausência do projeto e também promover a produção

sustentável de animais confinados pela transformação dos dejetos em energia limpa, resultante da sua queima e geração de biogás. Além disso, pode proporcionar aos produtores rurais a utilização do biogás na geração de eletricidade para suprir a necessidade da própria granja, na qual o produtor decide investir recursos adicionais para a implementação de um gerador (Barbosa, 2011).

O biodigestor produz gás e limpa os resíduos não-aproveitáveis da propriedade agrícola além de gerar fertilizantes. Ele trabalha com qualquer tipo de material que se decompõe sob ação de bactérias anaeróbias. Quase todo resto animal ou vegetal é biomassa que pode ser decomposta pelo biodigestor, e pelo fato de os dejetos animais terem grande presença de bactérias anaeróbias, eles se tornam o melhor alimento para o biodigestor (Barrera, 1993).

Tabela 2. Produção diária de dejetos por animal e equivalente produção de biogás.

Dejetos	Produção Diária	Produção de Biogás
Bovinos	15 kg/animal	270 m ³ por ton
Suínos	2,25 kg/animal	560 m ³ por ton
Equinos	10 kg/animal	260 m ³ por ton
Ovinos	2,8 kg/animal	250 m ³ por ton
Aves	0,18 kg/animal	285 m ³ por ton

Fonte: Barrera (1993).

Os 3 tipos mais comuns de biodigestores no Brasil são os modelos contínuos indiano e chinês e o biodigestor do tipo batelada. Os biodigestores contínuos indiano e chinês são muito utilizados em comunidades rurais. Neles, cada carga diária corresponde uma carga de volume semelhante ao do material fermentado. Os biodigestores em batelada são utilizados em propriedades rurais onde existe um grande volume de resíduos, mas estes são disponibilizados em períodos prolongados. (Marcucci, 2018).

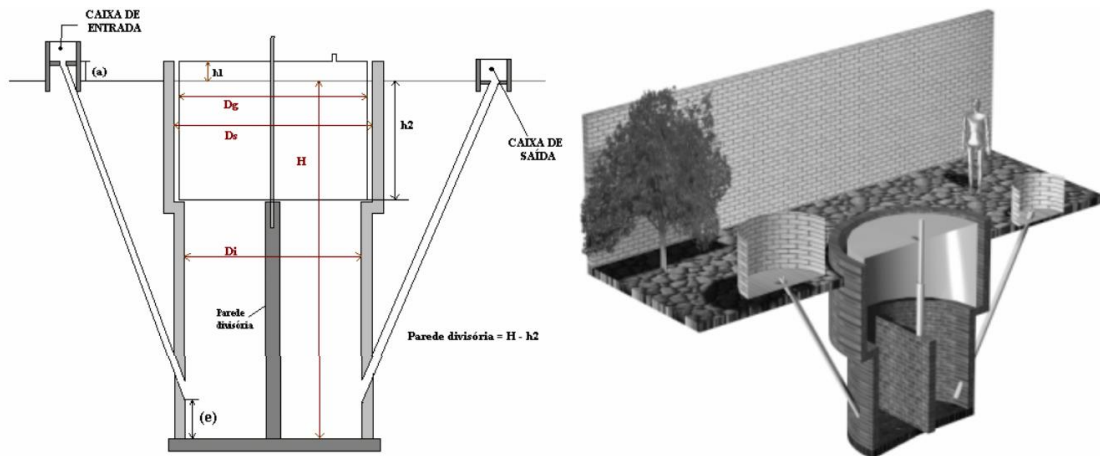
4.3.2 Tipos de Biodigestores

4.3.2.1 Modelo Indiano

Este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras (Figura 1). A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não

é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante (Deganutti *et al.*, 2002).

Figura 1. Biodigestor modelo Indiano e representação tridimensional em corte.



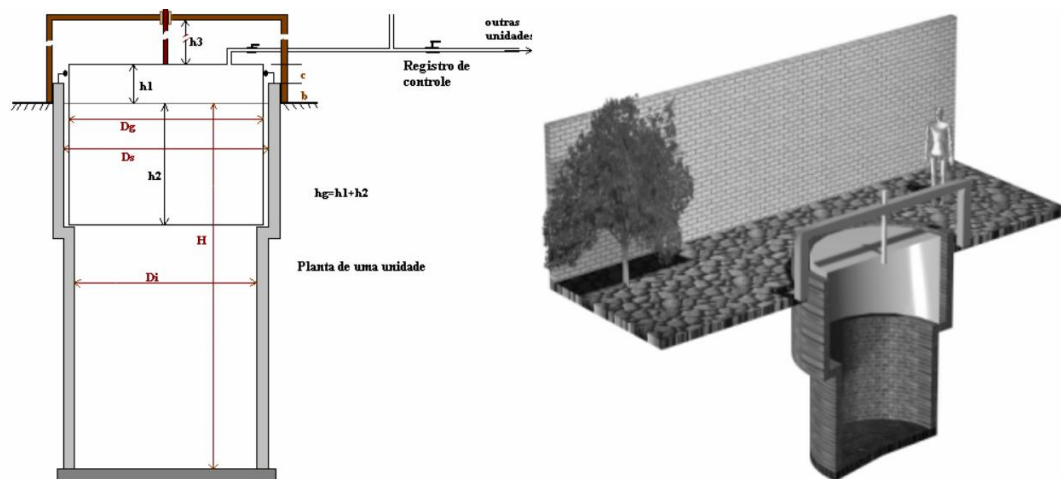
Fonte: Deganutti *et al.* (2002)

Legenda: Observando a figura, podemos definir: H - é a altura do nível do substrato; Di - é o diâmetro interno do biodigestor; Dg - é o diâmetro do gasômetro; Ds - é o diâmetro interno da parede superior; h1 - é a altura ociosa (reservatório do biogás); h2 - é a altura útil do gasômetro. a - é a altura da caixa de entrada. e - é a altura de entrada do cano com o afluyente.

4.3.2.2 Modelo Batelada

Trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional. Sua instalação poderá ser apenas um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série. Esse tipo de biodigestor é abastecido de uma única vez, portanto não é um biodigestor contínuo, mantendo-se em fermentação por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de produção de biogás, (Figura 02), (Bonturi; Van dijk, 2012).

Figura 2. Biodigestor modelo Batelada e representação tridimensional em corte.



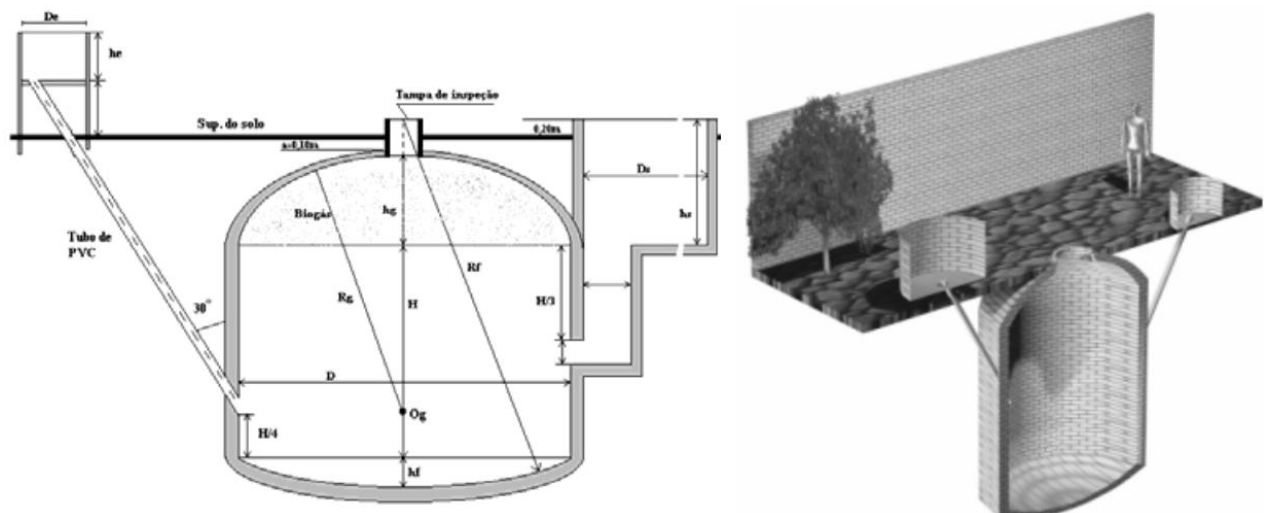
Fonte: Deganutti *et al.* (2002)

Legenda: Di é o diâmetro interno do biodigestor; Ds é o diâmetro interno da parede superior; Dg é o diâmetro do gasômetro H é a altura do nível do substrato; h1 é a altura ociosa do gasômetro; h2 é a altura útil do gasômetro; h3 é a altura útil para deslocamento do gasômetro; b é a altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato; c é a altura do gasômetro acima da parede do biodigestor.

4.3.2.3 Modelo Chinês

O modelo Chinês é constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo os custos, contudo pode ocorrer problemas com vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada. Neste tipo de biodigestor uma parcela do gás formado na caixa de saída é libertada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás, por este motivo as construções de biodigestor tipo chinês não são utilizadas para instalações de grande porte, (Figura 3), (Deganutti *et al.*, 2002).

Figura 3. Biodigestor modelo Chinês e representação tridimensional em corte.



Fonte: Deganutti *et al.* (2002)

Legenda: D - é o diâmetro do corpo cilíndrico; H - é a altura do corpo cilíndrico; Hg - é a altura da calota do gasômetro; hf - é a altura da calota do fundo; Of - é o centro da calota esférica do fundo; Og - é o centro da calota esférica do gasômetro; he - é a altura da caixa de entrada; De - é o diâmetro da caixa de entrada; hs - é a altura da caixa de saída; Ds - é o diâmetro da caixa de saída; A - é o afundamento do gasômetro.

4.3.2.4 Biogás

O biogás basicamente é composto de uma mistura de gases contendo principalmente metano e dióxido de carbono, encontrando-se ainda em menores proporções gás sulfídrico e nitrogênio. O principal componente do biogás é o metano representando cerca de 60 a 80% na composição do total de mistura. O metano é um gás incolor, altamente combustível, queimado com chama azul lilás, sem deixar fuligem e com um mínimo de poluição. (Deganutti *et al.*, 2002).

A produção de biogás faz parte do ciclo global do carbono. Anualmente, a biodegradação natural de matéria orgânica em condições anaeróbicas libera entre 590 milhões e 800 milhões de toneladas de metano na atmosfera. Os sistemas de recuperação de biogás exploram esses processos bioquímicos para decompor vários tipos de biomassa, aproveitando o biogás liberado como fonte de energia. (Milanez, 2018). A produção de biogás por meio de biodigestão anaeróbia representa um avanço para equacionar o problema dos dejetos produzidos pela suinocultura e disponibilidade de energia no meio rural. (Cervi; Esperancini; Bueno, 210, P. 831).

4.4 Resíduos Orgânicos: compostagem em foco

4.4.1 Histórico

A compostagem é reconhecida como o mais antigo processo de tratamento biológico para a reciclagem de resíduos orgânicos no solo (Ribeiro, Rocha, 2002). Essa metodologia de reciclagem remonta a mais de 2000 anos na China e, inclusive, há registros bíblicos sobre o uso de lixo doméstico reciclado como fertilizante e corretivo de solo. Nos séculos XVIII e XIX, na Europa, agricultores que comercializavam seus produtos nas cidades retornavam ao campo com os resíduos domésticos, utilizando-os como corretivos orgânicos. Dessa forma, os resíduos sólidos urbanos orgânicos eram quase que integralmente reciclados pela agricultura para sustentar a produção vegetal.

Segundo Ribeiro e Rocha (2002), o inglês Albert Howard, por volta da década de 1920, sistematizou esse processo, denominando-o Processo Indore, em referência à cidade indiana onde foi desenvolvido. A partir daí, novas técnicas e processos foram incorporados às metodologias de compostagem, e a pesquisa na área ampliou a gestão desses resíduos, incluindo a compostagem aeróbia e a inserção de mecanização para sua administração. Isso impulsionou a pesquisa, que passou a focar em processos onde bactérias e mecanização trabalham em conjunto para a produção

de compostagem, resultando no uso de biodigestores. A utilização de minhocas na compostagem, conhecida como vermicompostagem, teve início na Inglaterra por volta de 1940-1950, mas só ganhou maior visibilidade após a década de 1970 (Aquino; Almeida; Silva, 1992).

4.4.2 A Compostagem como solução para resíduos orgânicos e seus benefícios agronômicos

A compostagem tem se consolidado como uma solução eficaz para o descarte de resíduos orgânicos, apresentando-se como uma alternativa de baixo custo e acessível. Este processo envolve a separação da fração orgânica domiciliar, a coleta seletiva e um tratamento especializado para os compostos. Essencialmente, a compostagem é um processo de decomposição aeróbia controlada e estabilização da matéria orgânica. Conforme Valente *et al.* (2009, p. 59), essa metodologia ocorre sob condições que favorecem temperaturas termofílicas, geradas biologicamente, resultando em um produto final estável, sanitizado e rico em compostos húmicos, cuja aplicação no solo não oferece riscos ambientais.

Complementando essa visão, Cotta *et al.* (2015) descrevem a compostagem é um processo biológico que transforma resíduos orgânicos, como folhas, cascas, dejetos e alimentos, em substâncias húmicas. Essencialmente, trata-se de uma decomposição aeróbia controlada, onde microrganismos geram calor e promovem processos termofílicos. O objetivo final é obter um produto homogêneo e escuro que, ao ser aplicado ao solo, não causa danos e aprimora suas características químicas, físicas e biológicas. Formentini (2008) acrescenta que o composto orgânico é um material estabilizado que não prejudica as plantas, desde que utilizado em doses corretas e recomendadas. Além disso, a compostagem melhora a capacidade de retenção de umidade do solo, otimizando as condições para o desenvolvimento de organismos e disponibilizando nutrientes em concentrações razoáveis, permitindo até mesmo a adubação exclusiva com o composto resultante. A relevância da compostagem se estende ao tratamento de lodo de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) para uso agrícola, conforme Correa e Ricci (2016), destacando sua eficiência na redução de patógenos, eliminação de vetores de doenças e diminuição de riscos à salubridade ambiental, ao mesmo tempo em que fornece nutrientes e benefícios econômicos aos agricultores.

Para a agricultura brasileira, o uso de compostos orgânicos é fundamental para a recuperação do solo. Considerando que grande parte da produção do país é voltada para a exportação, o solo pode se degradar com a remoção de nutrientes após várias safras, e a compostagem se mostra uma solução para esse desequilíbrio (Formentini, 2008). Nesse contexto, Carlesso, Ribeiro e Hoehne (2011) enfatizam que a matéria orgânica (M.O.) presente nos solos é um indicador crucial da qualidade do solo e um componente vital de todo ecossistema terrestre.

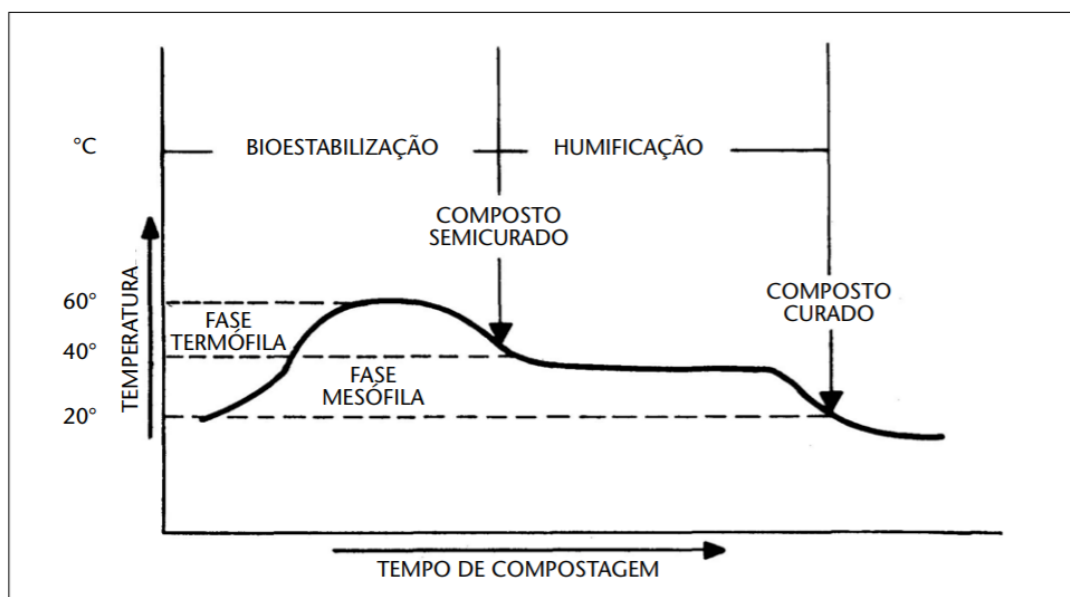
Além de ser facilmente acessível, a compostagem oferece vantagens significativas para a agricultura, especialmente quando comparada a adubos concentrados, que podem ter custos elevados e cuja aplicação a lanço é menos eficaz que a adubação localizada, onde o composto orgânico pode ser empregado. É importante ressaltar que a matéria orgânica in natura pode ser prejudicial se aplicada diretamente ao solo para cultivo. Isso ocorre porque microrganismos decompositores podem capturar o nitrogênio (N) do solo, causando deficiência para as plantas, e o aquecimento resultante da decomposição pode queimar raízes e o colo de vegetais (Formentini, 2008). As técnicas de compostagem, ao serem integradas, otimizam o aproveitamento dos resíduos, utilizando locais apropriados e adaptando-se a cada tipo de resíduo e composto desejado. Os resíduos, com suas variadas composições químicas e físicas, devem ser separados e utilizados conforme as metodologias de compostagem conhecidas.

Contudo, a comercialização do composto resultante da reciclagem de M.O. (matéria orgânica) é frequentemente impactada pela qualidade da matéria-prima, seja ela de origem agropecuária, urbana ou industrial, contudo, a compostagem agrícola geralmente supera os padrões de qualidade necessários para a produção de um composto, enquanto os compostos de origem urbano-industrial frequentemente sofrem com contaminação por produtos químicos ou materiais grosseiros, como metais pesados e sólidos inorgânicos (Valente *et al.*, 2009).

4.4.3 As fases e condições essenciais da compostagem

A compostagem se processa em duas fases distintas. A primeira, conhecida como Fase Termofílica, é caracterizada por intensas reações bioquímicas, com temperaturas acima de 40°C, impulsionadas por microrganismos termofílicos. Posteriormente, a Fase Mesofílica atua por um período mais longo para a maturação do composto, onde a matéria orgânica é mineralizada, resultando em um composto estabilizado e apto para uso agrícola (Oliveira; Sartori; Garcez, 2008). (Figura 4).

Figura 4. Fases da compostagem.



Fonte: Kiehl, 1985 citado por D'Almeida & Vilhena, 2000.

A presença de organismos é importante para a transformação da matéria em composto humificado. Conforme Oliveira, Sartori e Garcez (2008), macro e mesofauna, juntamente com comunidades de microrganismos, atuam nas diversas fases da compostagem. Esses microrganismos, predominantemente bactérias e fungos, iniciam a metabolização do nitrogênio (N) orgânico, convertendo-o em N amoniacal durante a fase termofílica, o que gera as elevadas temperaturas no composto. Embora temperaturas acima de 55°C sejam cruciais para eliminar microrganismos patogênicos, um controle inadequado pode também exterminar os microrganismos benéficos responsáveis pela transformação. Por isso, é essencial controlar a temperatura através da aeração da leira, ou seja, aeração das camadas e, se necessário, do resfriamento com água, para preservar esses agentes biológicos.

A umidade é também um fator primordial para a completa transformação da matéria em composto húmico. Além de auxiliar no controle térmico do material, ela garante a atividade dos organismos presentes, que necessitam de água para seus processos metabólicos e para manter a concentração hídrica em sua própria composição. Para que a umidade esteja disponível em quantidades ideais na compostagem, idealmente entre 40% e 60%, fatores físicos como a aeração devem ser considerados (Oliveira; Sartori; Garcez, 2008). Valente *et al.* (2009) alertam que materiais com 30% de umidade podem inibir a atividade microbiana devido à escassez de água, um elemento vital para a sobrevivência dos organismos. Por outro lado, o excesso de umidade (acima de 65%) pode levar a uma decomposição mais lenta, de caráter anaeróbico, e com a lixiviação de nutrientes.

A presença adequada de água no composto é diretamente dependente de uma aeração eficaz, um fator crucial na compostagem. Além de assegurar a umidade entre as partículas, a aeração é vital para controlar as ações aeróbias e anaeróbias. O excesso de umidade na matéria-prima pode reduzir a oxigenação, tornando o ambiente anaeróbio e gerando odores. O revolvimento das leiras é essencial para restabelecer a aeração, revertendo o processo de anaeróbio para aeróbio. A aeração também é influenciada pelo tamanho das partículas; se forem muito pequenas, podem causar compactação, exigindo o revolvimento da leira para descompactação (Oliveira; Sartori; Garcez, 2008).

Outro fator importante é o pH da compostagem, que serve como um indicador do término ou continuidade do processo, bem como da ocorrência de processos anaeróbios. No início da decomposição, microrganismos (fungos e bactérias) liberam ácidos ao digerir a matéria, fazendo com que o pH decresça para aproximadamente 5,0, marcando o início do processo. Com o tempo, outras comunidades de microrganismos mineralizam a matéria, resultando no aumento do pH e na maturação do composto. A faixa de pH ideal é de 6,5 a 8,0 (Oliveira; Sartori; Garcez, 2008).

Com a digestão da matéria orgânica pelas minhocas, são liberados elementos químicos essenciais para a nutrição das plantas, como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em sua forma mineral, tornando-os prontamente absorvíveis pelas espécies vegetais (Cotta *et al.*, 2015). Thomsen (2000, apud Cotta *et al.*, 2015) destaca a importância da relação C/N. Enquanto resíduos de origem animal são ricos em N-proteico, os de origem vegetal possuem teores mais elevados de C. Portanto, ao adicionar matéria vegetal à vermicompostagem, é aconselhável misturar esterco, que, sendo de origem animal e rico em N, ajuda a reduzir a relação C/N, garantindo níveis ideais para o desenvolvimento bacteriano.

Entre as espécies de minhocas mais empregadas, a *Eisenia foetida*, conhecida como Minhoca Californiana, é a mais comum, segundo Ricci, (1996) essa espécie se destaca por sua alta taxa de reprodução, grande capacidade de produção de composto e facilidade de adaptação a canteiros de criação. Embora seja a menor das espécies usadas em vermicompostagem, atingindo entre 5 e 10 cm de comprimento, é bastante eficiente. Paschoal (1995, citado por Ricci, 1996) alerta que a *Eisenia foetida* pode ser confundida com a *Eisenia andrei*, que possui coloração mais intensa, reproduz-se mais rapidamente e consome mais alimento. O comportamento voraz da *Eisenia andrei* pode, inclusive, levar a fugas se a quantidade necessária de alimento para sua manutenção fisiológica não for fornecida. Além disso, minhocas do gênero *Pheretima* sp., comuns em solos brasileiros e identificáveis por um "colarinho branco", também podem ser utilizadas. Esses anelídeos são recomendados para serem adicionados em compostagens com estágio avançado de decomposição, auxiliando na incorporação da matéria orgânica ao solo.

Uma das vantagens da vermicompostagem é a dispensa do revolvimento das leiras de resíduo, pois a ação das minhocas, que combina processos biológicos e mecânicos, contribui para a aeração do solo, promovendo o resfriamento do composto. Contudo, as leiras de vermicompostagem devem ser menos espessas que as convencionais, para que o material não atinja temperaturas superiores a 35°C, assegurando a sobrevivência das minhocas durante a fase termofílica (Aquino; Almeida; Silva, 1992).

4.4.4 Etapas Essenciais para a Condução da Compostagem

Para realizar a compostagem de forma eficiente, algumas etapas são cruciais. Primeiramente, a seleção do local para as pilhas é fundamental: ele deve ser de fácil acesso, próximo a um ponto de água e bem ventilado. Em seguida, é preciso identificar os resíduos orgânicos disponíveis na propriedade, como esterco, bagaço de cana, casca de mandioca ou restos de podas, coletá-los e, se necessário, realizar a secagem sob exposição solar. Não é imprescindível ter um galpão coberto para essa produção (Tabela 3, Figura 05), (Borges, 2018).

Tabela 3. Seleção dos produtos ricos em Carbono e Nitrogênio para compostagem.

Rico em Carbono	Rico em Nitrogênio
Capim ou grama	Esterco de gado
Serragem de madeira	Esterco de galinha
Caroço de açaí	Esterco de suíno
Bagaço de cana	Leguminosas trituradas (ingá, gliricídia, crotalária)
Poda de árvores	Esterco de búfalo
Casca de mandioca	Esterco de cabra

Fonte: (Borges, 2018).

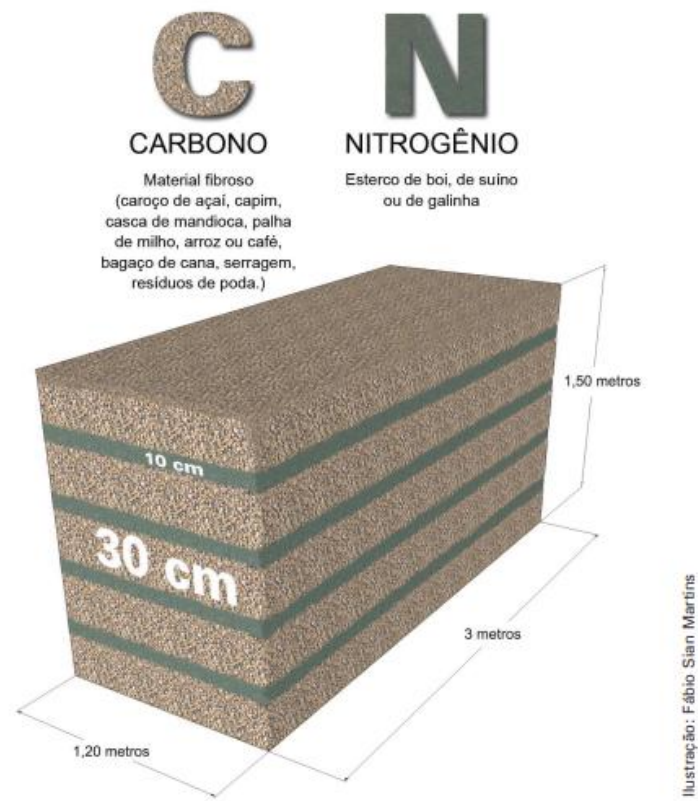
Figura 4. Identificação dos resíduos orgânicos disponíveis na propriedade



Fonte: (Borges, 2018).

Após a seleção dos materiais, o próximo passo é a trituração dos resíduos, buscando fragmentos entre 1 cm e 4 cm. O dimensionamento das pilhas é vital para o controle adequado da temperatura, com dimensões mínimas de 1,2 m de altura, 1,0 m de largura e 1,2 m de comprimento. É importante notar que pilhas maiores (comprimento acima de 5 m ou altura superior a 1,5 m) demandarão mais tempo e esforço para o revolvimento. A montagem das pilhas deve ser feita em camadas, sempre começando e terminando com material fibroso. Cada camada deve conter 60% a 70% de material rico em carbono (fibroso) e 30% a 40% de material rico em nitrogênio (esterco). Para garantir a proporção correta, recomenda-se usar baldes, pás ou carrinhos de mão como medida (Figura 06), (Borges, 2018).

Figura 5. Montagem da pilha de compostagem, utilizando material fibroso e resíduo animal rico em nitrogênio.



Fonte: (Borges, 2018).

O monitoramento da temperatura da pilha é um indicador essencial do processo. Utilizando uma barra de vergalhão de construção, se a temperatura estiver acima de 60 °C e não for possível segurar a barra, é um sinal de que a pilha precisa ser revolvida. O revolvimento das pilhas deve ser semanal no primeiro mês e duas vezes por mês do segundo ao quarto mês, período em que o composto atingirá a maturação. Ferramentas como rastelos e ancinhos facilitam o revolvimento manual. Finalmente, é necessário peneirar o composto orgânico para separar os fragmentos de resíduos que ainda não foram totalmente compostados. O rendimento da compostagem varia conforme o tipo de resíduo, mas geralmente fica entre 30% e 60%. Isso significa que, por exemplo, uma pilha de 10 m³ resultará em 3 m³ a 6 m³ de composto orgânico, que geralmente apresenta 40% de umidade e densidade de 0,4 kg por litro (Borges, 2018).

5. RESULTADOS

5.1 Análise crítica pela autora

No Brasil, a compostagem tem se destacado como uma alternativa de tratamento para os dejetos suínos, especialmente em áreas de produção intensiva. Esse processo resulta em um composto orgânico estabilizado, que pode ser empregado como fertilizante orgânico.

A sustentabilidade na agropecuária abrange não apenas a redução de custos, mas também a criação de valor por meio do aproveitamento de resíduos. A transformação de dejetos em fertilizantes naturais, biogás ou insumos para compostagem é uma estratégia que reduz despesas com energia e adubação, fortalecendo a autonomia dos produtores. Além dos ganhos econômicos, a sustentabilidade impulsiona a responsabilidade social, pois o manejo correto dos resíduos em propriedades rurais melhora a qualidade de vida das comunidades vizinhas, evitando a contaminação de mananciais, a proliferação de pragas e a emissão de odores desagradáveis.

A economia circular é fundamental nesse contexto, propondo que os resíduos de um processo se tornem insumos para outro, diminuindo a extração de recursos naturais e prolongando o ciclo de vida dos materiais. Na agropecuária, essa abordagem é bem-sucedida em sistemas integrados como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), a compostagem e o uso de biodigestores. Em vez de ver os dejetos animais como problemas ambientais, a economia circular os transforma em recursos, como biogás (energia) ou biofertilizantes (fertilizantes orgânicos), fechando o ciclo produtivo com mais eficiência e menos desperdício. Resíduos vegetais também se inserem nessa lógica, sendo reincorporados ao solo como matéria orgânica ou utilizados como forragem animal.

A agropecuária regenerativa avança a sustentabilidade, buscando restaurar ecossistemas degradados, aumentar a biodiversidade e melhorar a saúde do solo e da água. Práticas como pastagens rotacionadas, adubação orgânica, policultivos e o respeito ao bem-estar animal são pilares desse modelo, que visa transformar a agropecuária em um agente restaurador ambiental. A união entre economia circular e práticas regenerativas constrói uma base sólida para uma pecuária moderna e resiliente, mantendo a produtividade enquanto contribui para a mitigação das mudanças climáticas e a valorização dos produtos no mercado.

A efetivação de uma agropecuária sustentável e responsável depende de políticas públicas e de um arcabouço legal que guie e fiscalize o manejo dos recursos naturais. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, é um marco. Ela estabelece que os geradores de resíduos devem adotar práticas de não geração, redução, reutilização, reciclagem e

tratamento adequado. No meio rural, isso significa que os produtores são responsáveis por gerenciar os resíduos de forma segura, transformando-os em recursos úteis, como biofertilizantes ou energia (BRASIL, 2010). Apesar dos avanços, persistem desafios na fiscalização, capacitação técnica e adequação das propriedades às exigências legais. Fortalecer a extensão rural e oferecer apoio financeiro e técnico é essencial para impulsionar a adoção de soluções sustentáveis no campo.

Portanto, o desafio da nova agropecuária é conciliar eficiência produtiva com responsabilidade ambiental e econômica. Isso exige investimento em capacitação técnica, infraestrutura e políticas de incentivo a tecnologias sustentáveis. A gestão de dejetos é crucial não só para a limpeza e preservação ambiental, mas também para o aproveitamento e a valorização econômica dos subprodutos. A compostagem e os biodigestores convertem dejetos agropecuários em receita para o produtor, criando um ciclo rentável. O tratamento correto dos dejetos não só reduz o impacto ambiental das criações, mas também promove boas práticas de gestão ambiental em todo o setor. A suinocultura, que historicamente descartava muitos dejetos inadequadamente, tem investido em biodigestores devido à composição favorável de seus resíduos para a decomposição nesses sistemas. Essa mudança ajuda a desmistificar a suinocultura, muitas vezes vista como uma atividade "suja". Em suma, a gestão correta de dejetos na agropecuária, por meio de métodos sustentáveis e rentáveis, é vital para o produtor, o meio ambiente e para melhorar a percepção social da produção animal.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que ao analisar e discutir as principais abordagens para a gestão de resíduos orgânicos na agropecuária, com foco em soluções tecnológicas e aplicáveis à zootecnia obtivemos resultados positivos, onde conseguimos identificar as principais fontes de resíduos da produção animal, especialmente os da suinocultura, e as suas consequências ambientais, sociais e econômicas quando manejadas incorretamente. A literatura científica e relatórios técnicos confirmaram a necessidade urgente de tratamentos adequados para os dejetos agrícolas, independentemente do porte da propriedade rural, a fim de reduzir os impactos ambientais.

A busca pela sustentabilidade e proteção ambiental, por meio dessas tecnologias, gera benefícios significativos para a propriedade rural e seus moradores, contribuindo para a produção de energia limpa e para preservação ambiental. Portanto, conclui-se que a implementação da compostagem e da biodigestão, com a produção de biogás e biofertilizantes, é uma alternativa viável e que oferece inúmeros benefícios socioeconômicos além de auxiliar na redução dos impactos ambientais das atividades agrícolas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcócer, Juan Carlos Alvarado; Pinto, Olienaide Ribeiro de Oliveira; Oliveira, Jangirgledia de; Silva, Maria Elanny Damasceno; LIMA, Ari Clecius Alvez de. Uso do Biodigestor na Suinocultura: uma alternativa à sustentabilidade ambiental na região do maciço de baturité, ceará. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 783, 17 jul. 2020. Anima Educação. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e22020783-818>.

Aquino, A. M. de; Almeida, D. L. de; Silva, V. F. da Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem. Min. da Agric., Abast. e da Ref. Agr., Seropédica: CNPAB/Embrapa, Com. Téc. N° 8, 6 p., 1992.

Barros, Evandro Carlos; Nicoloso, Rodrigo; Oliveira, Paulo Armando V. de; Corrêa, Juliano Corulli. Potencial agrônômico dos dejetos de suínos. Concórdia, Sc: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 52 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117243/1/final9052.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2025.

Barbosa, George; Langer, Marcelo. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. *Unoesc & Ciência–ACSA*, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, 2011.

Barrera, Paulo. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. Icone editora LTDA, 1993.

Bezerra, Keyla Luiza Pereira et al. Uso de biodigestores na suinocultura. *Nutritime*, Viçosa, Mg, v. 11, n. 275, p. 3714-3722, 2014.

Bonturi, Guilherme de Luca; Van dijk, Michel. instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 8, n. 2, p. 88-95, 2012.

Borges, Wardsson Lustrino. Compostagem Orgânica: produção de composto orgânico. Produção de composto orgânico. 2018. 1ª edição - Embrapa Amapá. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1102843/1/CPAFAP2018FDRCompostagem.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 jun. 2025.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Suinocultura de baixa emissão de carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. – Brasília: MAPA, 2016.

Cardoso, Bárbara Françoise; Oyamada, Graciela Cristine; Silva, Carlos Magno da. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. *Desenvolvimento em Questão*, Editora Unijuí, v. 13, n. 32, p. 127-145, 2015. Disponível em:

file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/davidbasso,+Gerente+da+revista,+32_RE_Desenvolvimento_07.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

Carlesso, W. M.; Ribeiro, R.; Hoehne, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. *Revista Destaques Acadêmicos*, Lajeado, ano 3, n. 4, p. 105-110, 2011.

Cervi, Ricardo G.; Esperancini, Maura ST; Bueno, Osmar de C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. *Engenharia Agrícola*, v. 30, p. 831-844, 2010.

Corrêa, R. F. M.; Ricci, A. B. Compostagem de lodo de esgoto por meio de leira estática aerada com duas taxas de aeração. *Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias*, Curitiba, v. 1, n. 2, 1-16, 2016.

Cotta, Jussara Aparecida de Oliveira; Carvalho, Nayhana Lara Chaves; Brum, Túlio da Silva; Rezende, Maria Olímpia de Oliveira. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 65-78, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000111864>.

Deganutti, R.; Palhaci, M. C. J. P.; Rossi, M. A.; Tavares, R.; Santos, C. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. *Anais do 4º Encontro de Energia no Meio Rural*, Campinas, 2002.

De Oliveira, P. A. V. et al. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. 1993.

Embrapa suínos e aves. Biodigestão. In: *BiogásFert: tratamento de dejetos animais para produção de biogás e fertilizantes*, [S.L.], 2025 (atualização contínua). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/biogas/biodigestao>>. Acesso em: 26 jun. 2025

Ferrarese, Júlia Carolina Bevervanso Borba. Potencial de geração de energia a partir da digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos oriundos do abate de bovinos. 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106133/tde-05042022152928/publico/ferrarese2021revisadafinal.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2025.

Fischer, J.R.; Iannotti, E.L.; Porter, J.H.; Garcia, A. Producing methane gas from swine manure in a pilot-size digester. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.22, n.2, p.370-4, 1979.

Formentini, E. A. Cartilha sobre Adubação Verde e Compostagem. Vitória: Incaper, 2008. 27 p.

Kunz, A.; Higarashi, M.M.; Oliveira, P.A. “Tecnologias de manejo e tratamento e dejetos de suínos estudadas no Brasil”. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 22, n. 3, 2005, pg. 651-665

Machado, B, Gleysson. O que é e como funciona um biodigestor indiano, Portal do Biogás, 2023. Disponível em: < <https://portaldobiogas.com/o-que-e-e-como-funciona-um-biodigestor-indiano/>>

Marcucci, Leandro Willian. Otimização da produção de biogás em biodigestores batelada. 2018. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu, 2018.

Mesquita, Igor. Crescimento da economia brasileira é impulsionado pela alta de 15% da agropecuária em 2023. 2024. Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/crescimento-da-economia-brasileira-e-impulsionado-pela-alta-de-15-da-agropecuaria-em-2023>. Acesso em: 25 jun. 2025.

Milanez, Artur Yabe et al. Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. 2018.

Miranda, A.P; Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo: desempenho, digestibilidade e efeitos na biodigestão anaeróbia. UNESP. Jaboticabal – SP. Fevereiro. 2009.

Moraes, Renata Espíndola de; Silveira, Roberta Farias; Vaniel, Cristiane Romano; Pinheiro, Lisiane Jobim; Ollé, Michelle de Almeida; Silveira, Isabella Dias Barbosa. Suinocultura e o Meio-ambiente. Revisão de Literatura. - Revista Electrónica de Veterinaria, Málaga, v. 18, n. 10, p. 1-18, 10 out. 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653470003.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

Oliveira, E. C. A. de; Sartori, R. H.; Garcez, T. B. Compostagem. 2008. 19 f. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

Oliveira, Paulo Armando V. de. Suinocultura de baixa Emissão de Carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria do Produtor Rural e Cooperativismo Departamento de Sistemas de Produção e Sustentabilidade Coordenação de Manejo Sustentável dos Sistemas Produtivos, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Biog%C3%A1sFert+-+Suinocultura+de+baixa+emiss%C3%A3o+de+carbono.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

Ribeiro, C. J.; Rocha, C. R. C. Compostagem de Resíduos Orgânicos. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2002. 15 p. (Compostagem – Curso de Capacitação para Operação do Processo).

Ricci, M. dos S. F. Manual de Vermicompostagem. Porto Velho: Embrapa-CPAF-Rondônia, 1996. 23 p.

Rocha, Tereza Amelia Lopes Cizenando Guedes; Grilo Júnior, Jose Américo de Souza. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos provenientes da agropecuária no semiárido brasileiro. In: Congresso nacional de diversidade do semiárido (CONADIS), 1., 2018, Natal. ANAIS de Evento Revista conadis | ISSN: 2526-186X. Natal: Realize, 2018. p. 1-12. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conadis/2018/TRABALHO_EV116_MD1_SA12_ID1139_30102018123254.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

Sambuichi, Regina Helena Rosa; Oliveira, Michel Ângelo Constantino de; Silva, Ana Paula Moreira da; Luedemann, Gustavo. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira:

Impactos, políticas públicas e desafios. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Economica Aplicada - Ipea, 2012. 52 p. (Texto para Discussão). Governo Federal: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf. Acesso em: 27 jun. 2024.

Silva, P.R. Estudo das características dos resíduos das instalações de confinamento de suínos. In: congresso brasileiro de engenharia SANITÁRIA, 7., 1973, Salvador. Anais.. Salvador: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1973. p.1-18.

Souza, Cecília F.; Lucas Júnior, Jorge de; Ferreira, Williams P. M.. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. Engenharia Agrícola, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 530-539, ago. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162005000200027>.

Toledo, Henrique Otávio Passos; Proença, Marcos Baroncini. Justiça social, tecnologia e sustentabilidade. Caderno Progressus, v. 2, n. 3, p. 67-74, 2022.

Valente, B. S. et al. Fatores que Afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos. Archivos de Zootecnia, Pelotas, v. 58, p. 59-85, 2009.