

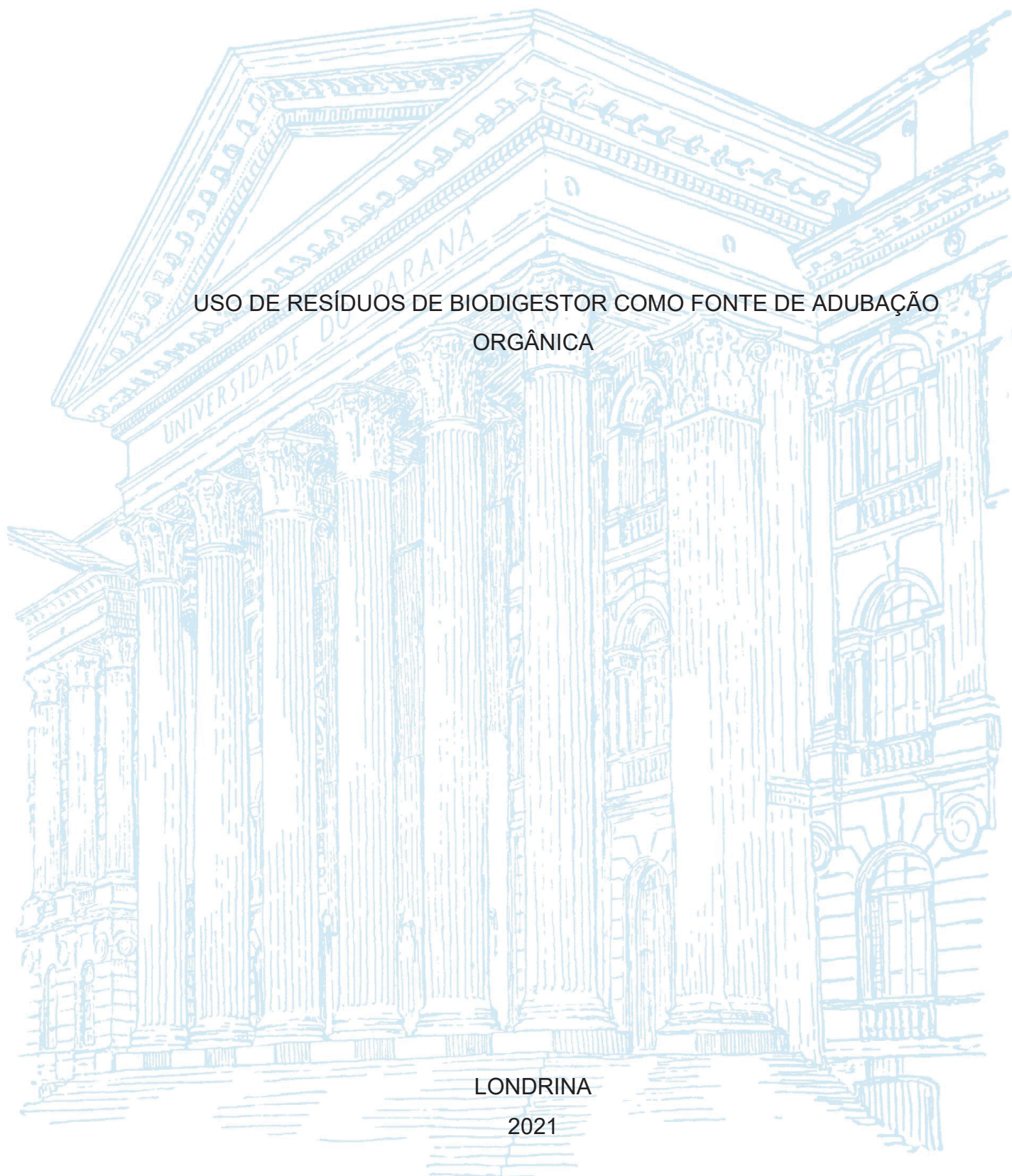
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO PEDRO MELLO NEBES

USO DE RESÍDUOS DE BIODIGESTOR COMO FONTE DE ADUBAÇÃO
ORGÂNICA

LONDRINA

2021



JOÃO PEDRO MELLO NEBES

USO DE RESÍDUOS DE BIODIGESTOR COMO FONTE DE ADUBAÇÃO
ORGÂNICA

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Jair Alves Dionísio

LONDRINA

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO PEDRO MELLO NEBES

USO DE RESÍDUOS DE BIODIGESTOR COMO FONTE DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Prof. Dr. Jair Alves Dionísio

Orientador – Departamento Ciências Agrárias. UFPR.

Prof(a). Dr(a)/Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Prof(a). Dr(a)/Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Curitiba, 29 de outubro de 2021.

RESUMO

O crescimento na produção de alimentos e especificamente de aves, bovinos e suínos aumentou consideravelmente a geração de dejetos destes animais. Dessa forma, o descarte correto destes é uma necessidade para que se possa evitar a contaminação de solo, cursos de água e lençol freático. Os biodigestores são construções predominantemente rurais que visam transformar—dejetos em subprodutos de alto valor agregado que são o biogás e o biofertilizante, sendo este último uma excelente alternativa para substituir os fertilizantes químicos. Os biodigestores são classificados quanto ao tipo de alimentação em contínuo e batelada, e quanto ao modelo de construção em indiano, chinês e canadense. Deve-se escolher uma biomassa apropriada considerando o tipo de biofertilizante que se deseja obter. Os biofertilizantes apresentam em sua composição todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta com destaque para os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio. Esses nutrientes garantem um bom desenvolvimento da cultura além de proteger contra doenças e patógenos. São utilizados principalmente em cultivos orgânicos de hortaliças apresentando bons resultados. Sendo assim, faz parte deste trabalho estudar os biodigestores e o biofertilizante resultante dos processos de fermentação que vem ganhando cada dia mais espaço na agricultura.

Palavras-chave: Agricultura orgânica. Batelada. Biofertilizante. Biomassa.

ABSTRACT

The growth in the production of food and specifically of poultry, cattle and swine has considerably increased the production of waste from these animals. Thus, the correct disposal of these is a necessity in order to avoid the contamination of soil, water courses and groundwater. Biodigesters are predominantly rural constructions that aim to transform waste into high value-added by-products, which are biogas and biofertilizer, the latter being an excellent alternative to replace chemical fertilizers. Biodigesters are classified according to the type of feed in continuous and batch, and the construction model in Indian, Chinese and Canadian. You must choose an appropriate biomass considering the type of biofertilizer you want to obtain. Biofertilizers contain in their composition all the nutrients necessary for plant development, especially the macronutrients nitrogen, phosphorus and potassium. These nutrients ensure good crop development in addition to protecting against diseases and pathogens. They are mainly used in organic vegetable cultivation with good results. Therefore, part of this work is to study the biodigesters and the biofertilizer resulting from the fermentation processes that are gaining more space in agriculture every day.

Keywords: Organic agriculture. Batch. Biofertilizer. Biomass.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Biodigestor modelo batelada	14
FIGURA 2 – Corte tridimensional de biodigestor modelo batelada.....	15
FIGURA 3 – Biodigestor modelo chinês.....	16
FIGURA 4 – Biodigestor modelo indiano	17
FIGURA 5 - Representação esquemática de um biodigestor modelo canadense. ...	18
FIGURA 6 - Biodigestor modelo canadense na cidade de Arapongas	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	JUSTIFICATIVA.....	9
1.2	OBJETIVOS.....	9
1.2.1	Objetivo geral.....	9
1.2.2	Objetivos específicos.....	10
1.3	METODOLOGIA.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	BIODIGESTORES.....	11
2.1.1	TIPOS DE BIODIGESTORES.....	13
2.1.2	BIOMASSA.....	20
2.2	O BIOFERTILIZANTE.....	21
2.2.1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS BIOFERTILIZANTES.....	23
2.2.2	APLICAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES EM LAVOURAS E HORTAS..	25
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
	REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento do populacional houve também a necessidade do aumento na produção de alimentos, o qual tornou-se um desafio para a agricultura produzir uma quantidade de alimentos cada vez maior, num mesmo espaço e que possa suprir a necessidade da população. O Brasil é considerado um dos maiores produtores de grãos do mundo e também se destaca na produção de bovinos (215 milhões de cabeças), suínos (41 milhões) e aves (1,5 bilhão), conforme levantamento do IBGE para o ano de 2019. Parte da produção de grãos é destinada a fabricação de ração que vai alimentar esses animais, que conseqüentemente vai gerar uma quantidade significativa de dejetos.

Grande parte dos dejetos (fezes, urina, água utilizada na limpeza de currais/ aviários) resultante da cadeia agropecuária são descartados sem nenhum controle ou estudo prévio podendo ser despejados diretamente no solo, rios e mananciais sendo responsável pela contaminação dos mesmos. Porém, este material pode apresentar um alto valor agregado se tiver um destino correto, sendo importante matéria prima na produção de biogás e biofertilizantes.

A produção de biogás e biofertilizantes ocorre em biodigestores, local onde a matéria prima é armazenada e passa por processo de fermentação anaeróbica. Os biodigestores podem ser classificados em contínuo ou em batelada quanto a forma de alimentação, ou podem ser classificados quanto a sua forma de construção dentre os quais podemos citar os modelos chinês, indiano, canadense entre outros (CALZA *et al.*, 2015)

O biogás pode ser utilizado nas propriedades rurais trazendo conforto às residências, servindo para o preparo de alimentos, aquecimento de água para higiene pessoal, por exemplo. Também é possível comercializar a produção de gás excedente para empresas ou outras propriedades que utilizam em aquecimento de caldeiras, abate e limpeza de animais

Os biofertilizantes são excelentes fontes de nutrientes essenciais às plantas como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio. Seu aproveitamento reduz o uso de fertilizantes convencionais que além dos efeitos nocivos à saúde, o solo e a água encarecem a produção agrícola. A utilização de biofertilizantes na agricultura contribui com a produção de alimentos de maneira sustentável os quais tem ganhado cada vez

mais destaque na mesa dos consumidores que priorizam qualidade e segurança. Grande parte dos consumidores estão dando preferência a alimentos produzidos com o mínimo ou nenhum dano aos recursos disponíveis na natureza, aumentando a longevidade do solo e que não interferem no equilíbrio ecológico.

O uso de biofertilizantes na agricultura não só atende a preferência de grande parte dos consumidores que buscam por alimentos produzidos de forma mais sustentável, como também contribui com a necessidade do produtor ao utilizar dejetos que por vezes seriam descartados na propriedade e transformá-los em biofertilizantes e biogás. Os biofertilizantes promovem maior economia na produção agrícola substituindo parte dos fertilizantes químicos e o biogás traz melhorias para a condição de vida dos agricultores.

1.1 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema para ser desenvolvido como uma monografia se justifica pelo aumento exponencial da produção de aves e suínos com aumento na produção de dejetos. O constante descarte de maneira inadequada destes dejetos que contaminam o solo e alcançam a água seja através da chuva que leva ao rio ou chegando até o lençol freático e a possibilidade de tratamento desses dejetos e sua posterior utilização como biofertilizante na agricultura diminui os custos com fertilizantes químicos propicia correto tratamento desses dejetos.

Sabe-se também que existe a possibilidade de obtenção de lucros com a produção de biogás que pode ser usado dentro da propriedade ou vendido para terceiros e percebeu-se então a necessidade de estudar os tipos de biodigestores e aqueles que mais são encontrados no Brasil.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo abordar o uso de resíduos de biodigestores como fonte de matéria orgânica para incrementar os atributos químicos do solo.

1.2.2 Objetivos específicos

Conceituar o que são biodigestores e qual sua utilização no setor agropecuário nacional.

Fazer um estudo dos nutrientes encontrados nos resíduos gerados pelos biodigestores e o tratamento do resíduo pré-aplicação nas lavouras.

Relatar as culturas que mais utilizam esses resíduos, sua produtividade e fazer um estudo da viabilidade econômica e ambiental desta prática.

1.3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura onde foram consideradas revistas científicas, trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações e teses, além de boletins e circulares técnicas. Priorizou-se pelos trabalhos publicados por autores de relevância na área. As buscas foram realizadas em plataformas digitais de pesquisa como Google Acadêmico, Scielo, Scopus, SiBi, Periódicos Capes, preferencialmente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento da civilização sempre esteve associado à descoberta de novas fontes de energia e ainda hoje investimos esforços na busca e descoberta de novas fontes geradoras de energia de baixo custo e de uma forma mais sustentável (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

A crise do petróleo ocorrida na década de 70 fez com que os países dependentes desta fonte de energia começassem a buscar outras fontes que pudessem atender a demanda de mercado, e a utilização de alternativas tecnológicas que possam gerar energia com custos reduzidos e impactos socioeconômicos positivos e uma alternativa promissora (GALBIATTI, 2010).

Neste segmento, o aproveitamento da biomassa para a geração de energia é uma alternativa tecnológica de grande importância, sendo que estudos revelam que a biodigestão anaeróbia de dejetos de animais é uma excelente opção para a produção de biogás e biofertilizantes além de contribuir imensamente para a redução da poluição dos recursos hídricos, ser de fácil implantação e operação (GALBIATTI, 2010).

Os biodigestores são ferramentas chaves na integração das atividades agropecuárias, pois utiliza como matéria prima o esterco animal, convertendo-o em energia renovável (biogás) e em fertilizante orgânico (biofertilizante). Esse processo possibilita aumentos na produção agrícola e energia para a transformação de produtos (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002).

2.1 BIODIGESTORES

De maneira geral, todos os biodigestores são compostos basicamente por duas partes que são um tanque onde é armazenado a biomassa e também é onde ocorre a digestão deste material, e o gasômetro ou campânula para armazenamento do biogás (GASPAR, 2003).

A China e a Índia foram os primeiros países a utilizar a tecnologia dos biodigestores entre as décadas de 50 e 60, porém tendo cada um deste um propósito diferente. Os chineses tinham como objetivo a produção de um biofertilizante para aumentar a produção de alimentos e os indianos queriam o biogás para produção de energia e iluminação nos lares (RODRIGUES *et al.*, 2019).

No Brasil, os biodigestores tiveram maior destaque após a crise do petróleo na década de 70. O biogás e o biofertilizante gerados num sistema de biodigestão agregam maior valor à propriedade rural, tanto pelo valor financeiro como por propiciar melhores condições de vida na propriedade, e também pela reciclagem de nutrientes pela planta (RODRIGUES *et al.*, 2019).

Dentre os benefícios que um biodigestor promove podemos citar: a preservação de florestas nativas visto que reduz o corte de lenha para alimentação de fornos, preservação da fauna e recursos hídricos através da manutenção das florestas nativas, redução da emissão de metano, utilização do biogás em atividades domésticas diárias (FERREIRA *et al.*, 2013).

Até o ano de 2016, o Brasil possuía 131 biodigestores e o estado do Paraná concentra a maior quantidade, o que corresponde a 37% ou 49 unidades. Destes biodigestores, 26 são classificados como de pequeno porte, 15 são de médio porte e 8 de grande porte. Não se sabe a quantidade de biofertilizante produzido, porém estima-se que o estado produz cerca de 265.000 m³ de biogás, representando cerca de 378.950 kWh/dia. Esse biogás é usado como energia elétrica, térmica, mecânica ou biogás. Para essa produção são utilizados oito diferentes substratos que variam desde resíduos da suinocultura até esgoto (CIBiogás, 2016).

No período de dezembro de 2019 a março de 2020 nas plantas que produzem biogás e que entraram em operação até 2019 foram contabilizadas um total de 548 plantas em atividade, sendo que 521 são utilizados para fins energéticos. Essas plantas juntas produzem 1,3 bilhões de metros cúbicos ao ano. O setor agropecuário oferta 80% do substrato utilizado para a produção de biogás das plantas em operação no Brasil, porém isso representa 12% do volume total produzido. As plantas que utilizam substrato de efluentes de estações de tratamento de esgoto ou resíduos sólidos perfazem um total de 8% das plantas em operação, porém corresponde a 76% de todo o biogás produzido (CIBiogás, 2020).

No ano de 2019, o estado de Minas Gerais concentrou a maior parte das plantas em operação num total de 196 unidades ou 38% do total nacional. Já o Paraná operacionalizou 110 plantas ou 21% das unidades (CIBiogás, 2020).

Os biodigestores podem ser construídos sob qualquer formato a partir de tanques cilíndricos, retangulares, esféricos ou semi-esféricos dependendo da preferência do usuário e de sua disponibilidade para construção. Porém, os tanques retangulares são menos muito recomendados do ponto de vista físico, porque requer

maior quantidade de material de construção e também por criar zonas de diferentes temperaturas e taxas de decomposição (ZUNIGA, 2017)

São construídos a partir de uma câmara hermeticamente fechada onde é depositado o material orgânico o qual será digerido pelas bactérias anaeróbias, e possui um gasômetro que é um local destinado para armazenamento do gás (BARRERA, 1993).

2.1.1 TIPOS DE BIODIGESTORES

Dentre os modelos de biodigestores, tem-se o indiano, o paquistanês, chinês, tailandês, filipino, entre outros, sabendo que qualquer modelo pode apresentar vantagens e desvantagens (DUARTE NETO *et al.*, 2010).

As condições locais, experiência, quantidade de recursos financeiros e disponibilidade de substrato são determinantes para a escolha do modelo a ser instalado (ALVES *et al.*, 2009).

De acordo com a frequência de alimentação do biodigestor podem ser construídos no modelo batelada ou de alimentação contínua. O modelo batelada é um sistema de baixa exigência operacional, pode ser feita com a instalação de apenas um tanque ou vários tanques em série, o abastecimento durante o processo é feito apenas uma vez e mantido por um período de tempo conveniente e após o tempo efetivo da produção de gás o material é descartado. É melhor aproveitado em sistemas em que o abastecimento pode ser feito em certos intervalos de tempo como por exemplo com a utilização de biomassa proveniente de granjas avícolas de corte onde a disponibilidade do material ocorre após a venda dos animais e limpeza do galpão e também é indicado em localidades com baixo consumo de biogás (SILVA, 2019).

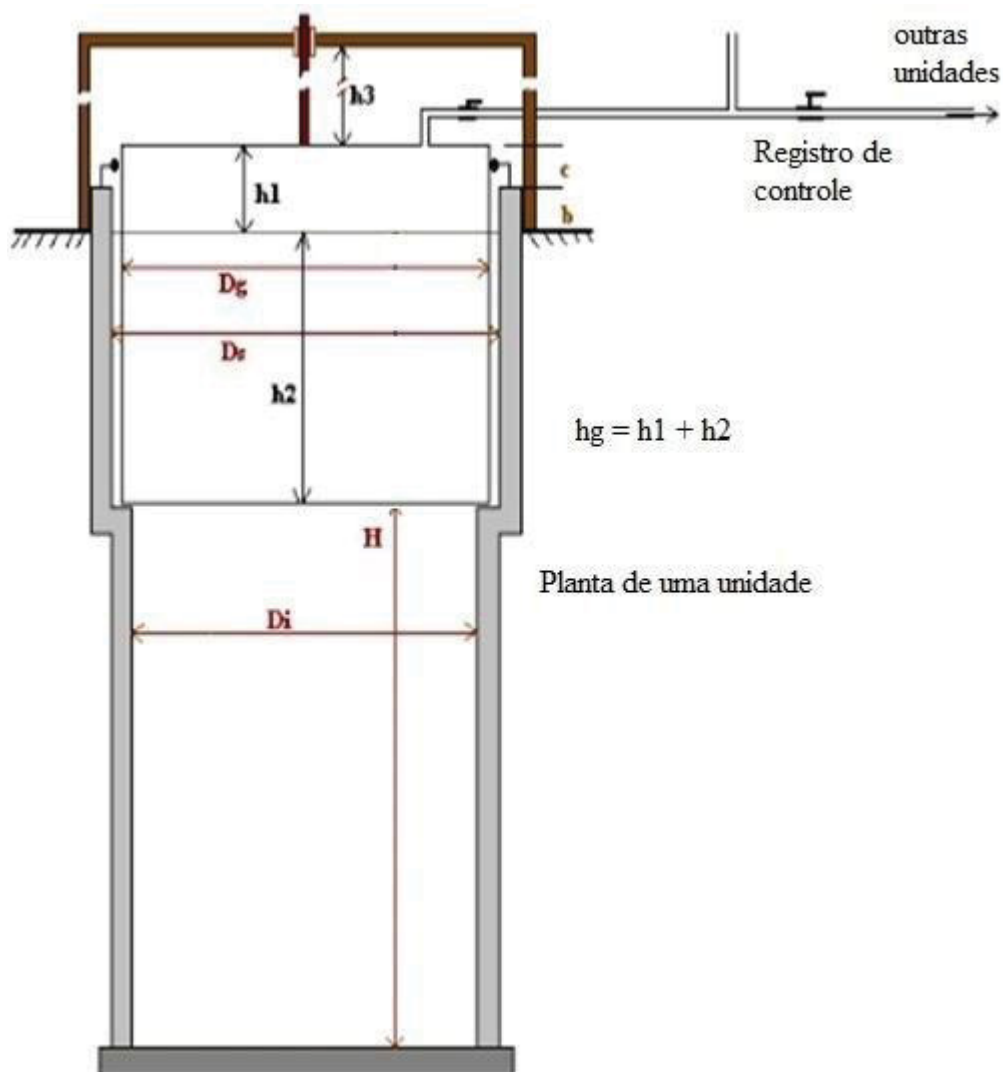
A Figura 1 é um exemplo de biodigestor do tipo batelada com todos os seus componentes e a Figura 2 uma ilustração em corte tridimensional deste mesmo modelo.

No sistema contínuo a adição da matéria prima é realizada de forma constante e os produtos são obtidos conforme ocorre a inserção dos rejeitos. Deve-se priorizar uma matéria prima de fácil degradação com grande quantidade de líquidos e abundantes.

Estas condições são compatíveis com o digestor contínuo vertical que é construído no formato de um tanque cilindro de alvenaria, concreto ou outros materiais

que ficam abaixo da superfície do solo, sendo a biomassa depositada na parte inferior e o biogás por diferença de densidade se acumula na parte superior em uma câmara simples ou dupla. Já o modelo contínuo horizontal apresenta dimensões de alturas menores que as de comprimento e largura e é apropriado para regiões onde é difícil escavar medidas mais profundas. De um lado fica a entrada de matéria prima e do outro a saída do biogás (COMASTRE, 1981).

Figura 1 - Biodigestor modelo batelada



Fonte: Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2016).

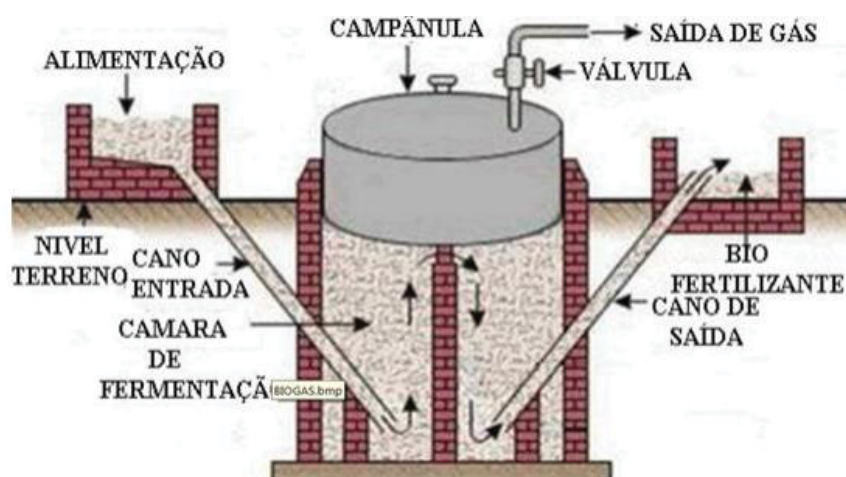
Sendo:

D_1 – diâmetro interno do biodigestor;

D_s – diâmetro interno da parede superior;

- Dx – diâmetro do gasômetro;
- h1 – altura ociosa do gasômetro;
- h2 – altura útil do gasômetro;
- h3 – altura útil para deslocamento do gasômetro;
- b – altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato;
- c – altura do gasômetro acima da parede do biodigestor

Figura 2: Corte tridimensional de biodigestor modelo batelada.



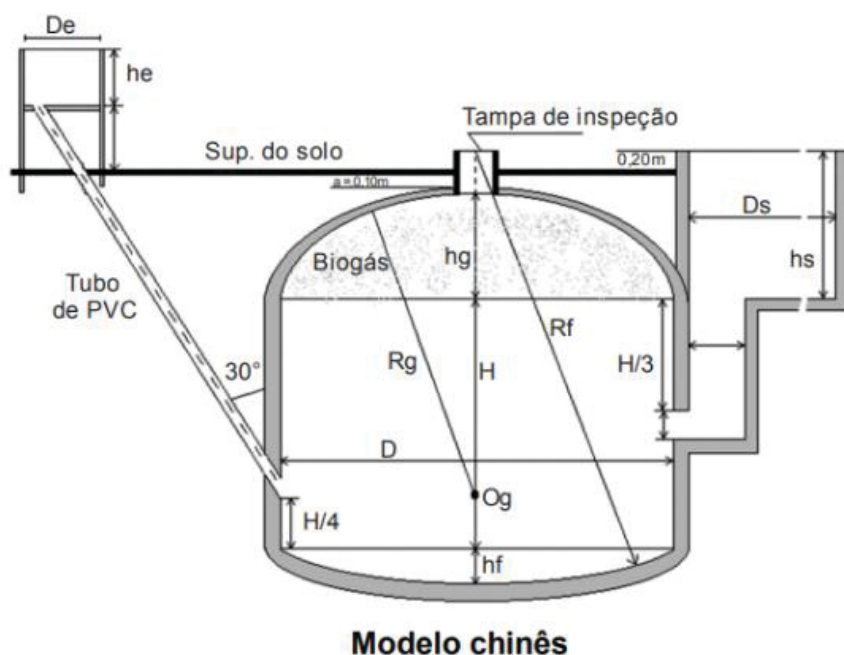
Fonte: Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2016).

São exemplos de biodigestores com alimentação contínua os modelos Chinês e Indiano. O modelo chinês é muito conhecido das propriedades brasileiras, um modelo mais rústico construído em alvenaria e ficando praticamente enterrado no solo (Figura 3). Contém uma câmara de regulação que permite trabalhar em condições de baixa e alta pressão. A maior dificuldade para implantar este modelo está em sua construção, pois os tijolos devem ser acomodados sem utilização de escoras, com a utilização do próprio peso do tijolo para mantê-lo na posição necessária. Deve-se utilizar uma boa camada de impermeabilizante nas superfícies externas e internas para que não ocorram infiltrações de água que o solo absorve das chuvas ou de lençóis freáticos próximos (GASPAR, 2003).

Dependendo das condições do terreno, pode-se construir o tanque de digestão acima do solo desde que não dificulte o abastecimento. Ele funciona como

uma prensa hidráulica, e dispensa o uso de gasômetro, o que colabora para ser uma construção de menor custo, porém pode ocorrer vazamento de biogás se o sistema não estiver totalmente vedado e impermeabilizado. Uma parcela do gás é dispensada na natureza para reduzir a pressão interna, e por este motivo ele não é utilizado em instalações de grande porte (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

Figura 3: Biodigestor modelo Chinês.



Modelo chinês

Fonte: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, (2016).

Sendo:

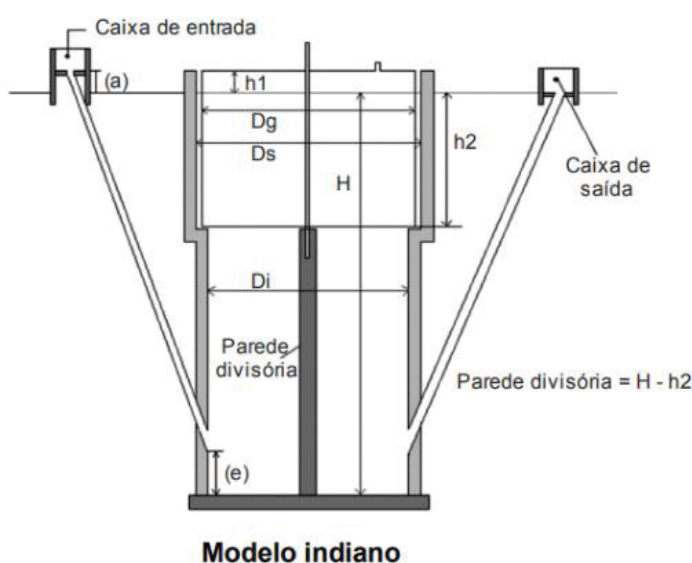
- D** - diâmetro do corpo cilíndrico;
- H** - altura do corpo cilíndrico;
- Hg** - altura da calota do gasômetro;
- hf** - altura da calota do fundo;
- Og** - centro da calota esférica do fundo;
- Og** - centro da calota esférica do gasômetro;
- he** - altura da caixa de entrada;
- De** - diâmetro da caixa de entrada;
- hs** - altura da caixa de saída;
- Ds** - diâmetro da caixa de saída;

A - afundamento do gasômetro;

O biodigestor indiano possui uma campânula como gasômetro que pode estar sobre a biomassa em fermentação ou disposto em uma lâmina de água externa e uma parede central que divide o tanque em dois compartimentos de fermentação. Esta parede divisória permite a circulação do material em todo o interior do tanque (Figura 4). A pressão de operação é constante e à medida que o gás é produzido e não consumido, tende a deslocar-se aumentando o volume deste e mantendo a pressão no interior. A posição do gasômetro reduz as perdas durante o processo de produção do gás (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

No Brasil, o modelo indiano teve maior sucesso devido a sua funcionalidade. Este modelo apresenta o formato de um poço (onde fica a biomassa em digestão) e coberto pela campânula que possibilita a regulação da liberação do gás e conseqüentemente controla a pressão do sistema (GASPAR, 2003).

Figura 04: Biodigestor modelo indiano



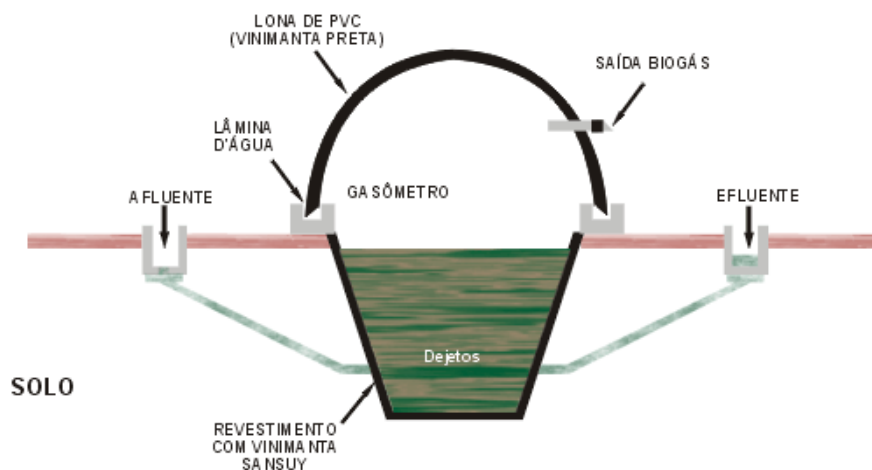
Fonte: Deganutti *et al.*, (2002).

Há ainda um modelo que pode ser alimentado de forma contínua ou batelada que é o canadense (Figura 5).

Dentre todos os modelos citados, este é o mais difundido no Brasil por ser de fácil adaptação para grandes e pequenas propriedades, e também é muito utilizado no setor agroindustrial. Diferencia-se dos demais por ser do tipo horizontal composto

por uma caixa de carga fabricada em alvenaria e ter largura maior que a profundidade o que permite maior área de exposição ao sol (CASTANHO; HARRUDA, 2008).

Figura 05. Representação esquemática de um biodigestor modelo Canadense



Fonte: DEGANUTTI et al., 2002

Ele é composto por uma câmara de fermentação subterrânea revestida em lona plástica, e uma manta superior para reter o biogás formando uma campânula de armazenamento. O efluente é liberado numa caixa de saída, tem também um registro para a saída do biogás e um queimador. Deve se ter atenção ao local de instalação para evitar furos na manta superior que possam causar o vazamento de gás (CASTANHO; HARRUDA, 2008).

Na figura 6 é possível ver imagens de um biodigestor canadense instalado em uma propriedade rural chamada de Granja do Peru, localizada na cidade de Araçatuba, estado do Paraná. Essa granja de suínos tem o biodigestor em uso há mais de 15 anos.

Estudos realizados por Calza (2015) tratam dos custos para a construção dos biodigestores levando em consideração o modelo (indiano, chinês ou canadense) e a capacidade diária de produção de biogás. Neste estudo, foi possível concluir que o modelo canadense é o que apresenta menor custo para uma maior capacidade de produção, em oposição ao modelo indiano que apresenta maior custo de implantação para pequenos volumes (Tabela).

Tabela . Custo da construção e de implantação de biodigestores modelos Indiano, Chinês e Canadense para diferentes capacidades para o ano de 2015.

Capacidade do Biodigestor (m ³)	Custo total por modelo de biodigestor (R\$)		
	Indiano	Chinês	Canadense
20	5065,70	4052,50	2104,00
40	7099,30	5679,40	3162,00
60	9440,20	7552,10	4188,00
80	11470,90	9176,70	5214,00
100	12486,30	10801,40	6240,00
120	14178,60	12426,00	7266,00

Fonte: Calza (2015)

Figura 06. Biodigestor modelo canadense em propriedade rural localizado na cidade de Araçongas – PR.



Fonte: Granja do Peru

2.1.2 BIOMASSA

A escolha da biomassa para a produção de biofertilizante deve ser feita com base na sua disponibilidade, de modo que favoreça toda a logística e evite maiores gastos com o transporte.

Considera-se como matéria prima também chamada de biomassa, toda matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica, sendo essa classificação feita de acordo com sua origem. Sendo assim: a biomassa pode ter origem: florestal (principalmente madeira), agrícola (cana-de-açúcar, arroz, soja entre outros), rejeitos industriais e urbanos. O potencial energético é resultante da biomassa utilizada e da tecnologia de processamento (NETO *et al.*, 2007).

A biomassa de origem vegetal é a mais utilizada em regiões menos desenvolvidas, porém apresentam baixa eficiência energética, visto que é necessária grande quantidade de matéria prima para gerar pequena quantidade de energia. Porém, os processos de cogeração de energia são mais eficientes através da utilização, por exemplo, da lixívia negra resultante do processo de extração de celulose e que é utilizado como combustível em usinas de cogeração de energia na mesma indústria (DUARTE NETO *et al.*, 2007).

A biomassa agrícola é a principal responsável pela produção de energia em larga escala, sendo necessária uma agroindústria forte e com grandes áreas de plantio de soja, milho, arroz ou cana de açúcar, sendo a biomassa resultante do processamento de resíduos oriundos dessas culturas. Do milho pode-se aproveitar a o sabugo, colmo, folha e palha, da soja e do arroz também se utiliza a palha muitas vezes deixada no campo, e da cana de açúcar utiliza-se o bagaço, a palha e o vinhoto (DUARTE NETO *et al.*, 2007).

Quase que todo material orgânico pode ser utilizado para a produção de biofertilizante e biogás, porém é importante que se tenha materiais com baixo teor de lignina que pode dificultar a digestão ou a presença de substâncias que vão afetar diretamente o rendimento da produção como a presença de antibióticos. Deve-se trabalhar com substrato que contenha de 7 a 9% de matéria seca, deve-se conhecer o teor de sólidos voláteis (recomenda-se 120g de sólidos voláteis por quilograma de

matéria seca), pois é este material que será decomposto para obtenção do biogás (ALVES *et al.*, 2010).

2.2 O BIOFERTILIZANTE

Define-se por biofertilizante o adubo orgânico líquido resultante da fermentação de resíduos orgânicos e nutrientes em água, com capacidade de melhorar a saúde das plantas, deixando-as mais resistentes a pragas e doenças (STUCHI, 2015).

Segundo o MAPA (2014), em sua Instrução Normativa nº 46 de 06 de outubro de 2011, os biofertilizantes são produtos que contém componentes bioativos que podem aumentar o desempenho de um sistema de produção atuando direta ou indiretamente sobre toda a planta ou sobre parte dela.

Esses compostos bioativos são oriundos do processo de biodigestão de compostos orgânicos de origem vegetal ou animal, podendo apresentar células vivas ou latentes de microrganismos de metabolismo aeróbico, anaeróbico e fermentativo (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e também metabólitos e quelatos organominerais em solutos aquosos. O resultado desse processo é um sistema de duas fases: uma sólida, usada como adubo orgânico; e outra líquida, como adubo foliar para o controle de doenças e pragas (BARBOSA, 2019).

O processo de digestão anaeróbica de material orgânico animal ou vegetal dá origem a um sistema de duas fases, sendo uma sólida usada como adubo foliar utilizado na adubação orgânica e uma fase líquida utilizada como adubo foliar no controle de doenças e pragas (TESSEROLLI NETO, 2006)

Para Marrocos (2012) os biofertilizantes são caracterizados como o resultado final da decomposição de compostos orgânicos e podem ser preparados em sistema aberto por digestão aeróbia ou sistema fechado por digestão anaeróbia oriundos de materiais orgânicos ou minerais com o intuito de obter maior disponibilidade de nutrientes e microrganismos. O método de preparo do biofertilizante é um fator determinante para sua composição química devendo ser observados tempo de decomposição, população microbiológica, pH, temperatura e o material que origina.

De acordo com Meirelles *et. al.* (1997) não existe uma receita única para a produção de um biofertilizante, porém, a temperatura da fermentação é um dos fatores determinantes. No caso de um biofertilizante obtido a partir de esterco, a temperatura

de 38°C é a mais indicada, pois se assemelha a temperatura do rúmen dos animais que pastam, podendo ser uma vaca, veado, camelo ou coelho por exemplo. Na região Nordeste, o período de 14 dias já é suficiente para obtenção do produto, mas em localidades com temperatura média na faixa de 18°C, este ciclo pode se estender por até 90 dias durante o período de inverno. O mesmo pesquisador afirma que a falta de fermentação pode estar associada também a esterco produzido por animais que tenham sido tratados com antibióticos, e caso se faça uso de micronutrientes, estes devem ser adicionados à conta gotas para não interferir no processo de fermentação.

E assim como não existe receita única para a produção de um biofertilizante, eles também não apresentam composição única, mas apresentam todos os elementos necessários para a nutrição vegetal e a concentração de cada elemento é determinada pela alimentação do animal que gerou a matéria prima. Também pode ter variação na composição devido ao tempo gasto na fermentação (MARROCOS, 2011). Uma avaliação feita por Santos (1991) em biofertilizante obtido a partir de esterco de curral de gado leiteiro mostrou que a melhor concentração de nutrientes se deu aos 30 dias de fermentação em um experimento realizado por 120 dias.

A aplicação de biofertilizantes, que são ricos em microrganismos, promove a colonização da rizosfera e também o interior da planta e contribuem para o crescimento da cultura. Conseqüentemente, têm-se plantas tolerantes a fitopatógenos já que os compostos orgânicos disponibilizam grande quantidade de nutrientes que garantem melhor adubação do solo e controle de doenças (VESSEY, 2003).

Segundo Santos e Akiba (1996), os metabólitos são compostos de proteínas, enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis, ésteres e ácidos, inclusive de ação fito hormonal produzidos e liberados pelos microrganismos.

A qualidade de um biofertilizante é o que determina o valor de um biodigestor, pois o produto obtido pode ser utilizado como um adubo de alta qualidade ou como corretivo de acidez, de vida bacteriana e de textura. Além disso, contém como nutriente mais abundante o nitrogênio amoniacal, além de cálcio, fósforo e magnésio (SILVA, 2019). De acordo com Tesserolli Neto (2006), um dos fatores importantes para utilização de biofertilizantes é sua disponibilidade de macro e micro nutrientes que são assimiláveis pela planta como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, cloro, sílica, molibdênio, boro, cobre, zinco e manganês.

2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS BIOFERTILIZANTES

As plantas retiram do solo alguns elementos químicos que são essenciais para seu desenvolvimento, parte desses elementos retornam ao solo pela decomposição das plantas e outra parte vai para a nutrição humana por meio destes alimentos. Sendo assim, é necessário devolver esses compostos ao solo para que a sua ausência não se torne um fator limitante e a produtividade se mantenha a níveis desejáveis (BARRETO, 1985)

A forma mais comum de devolver esses elementos ao solo é feita através de fertilizantes químicos sintéticos que quando usado de forma maciça pode causar inúmeros danos ao meio ambiente. Por esses motivos, o uso de fertilizantes orgânicos tem se tornado é uma alternativa entre os agricultores ainda mais quando percebem a possibilidade de aproveitar resíduos vegetais, animais e da agroindústria (CANALES *et al.*, 1989).

Os biofertilizantes são excelentes fontes de nutrientes para o desenvolvimento das plantas e a composição de um biofertilizante é dependente da matéria prima e do tempo de decomposição (MARROCOS, 2011).

Poucos são os estudos sobre biofertilizantes porém, sabe-se que eles contém todos os elementos necessários para a nutrição vegetal e sua composição depende diretamente da alimentação do animal que gerou a matéria prima.

O pH do biofertilizante pode variar de 7,0 a 8,0 quando resultante de uma fermentação completa, já valores inferiores a este resultam de fermentação incompleta. Estão presentes em sua composição os macro e micronutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cloro, sílica, molibdênio, boro, cobre, zinco e manganês, e em seu trabalho de campo Santos (1991) ainda quantificou esses elementos. Ao analisar o biofertilizante obtido da fermentação de esterco de curral de gado leiteiro em 30, 60, 90 e 120 dias, observou que a maior concentração de nutrientes ocorreu aos 30 dias. O composto encontrado em maior quantidade foi o carbonato de cálcio (CaCO_3), seguido por fosfato (PO_4), cloro (Cl) e potássio (K). Em menor quantidade foi encontrado o Molibdenio (Mo) e o boro (B) (Tabela 2).

Tabela 2. Análise do biofertilizante líquido por absorção atômica de quatro amostras de diferentes idades de fermentação em mg.kg^{-1} .

Elementos	Dias de fermentação (Valores em mg.Kg ⁻¹)			
	30	60	90	120
CaCO ₃	3260	2600	2460	2372
SO ₃	447	170	97,2	112
PO ₄	1668	569	410	320
SiO ₂	83,1	168	143	177
Fe	44,7	11,3	9,7	11
Cl	1160	810	1090	840
Na	166	250	276	257
K	970	487	532	500
Mo	1	1	1	1
B	1,1	1	1	1
Zn	6,7	3,7	1,3	1,7
Cu	1,1	0,7	1,0	0,2
Mn	16,6	4,7	3,8	4,6
Mg	312	305	281	312
pH	7,8	7,4	7,6	7,7

Fonte: Santos, 1991

Os elementos presentes nos biofertilizantes encontram-se de maneira mais favorável a estarem disponível para o solo de uma forma mais fácil de ser incorporado quando comparado aos produtos sintéticos, e estudos mostram que a adubação orgânica contribui para o aumento nos teores de cálcio, magnésio e fósforo no solo (SOUZA *et al.* 2006).

Enquanto a aquisição de nitrogênio através de fertilizante químico está na faixa de R\$ 125,00 (oriundo da ureia), os biofertilizantes são produtos de menor valor, e isto se deve a possibilidade de produção ocorrer em qualquer local a partir dos mais variados substratos como, por exemplo, resíduos domésticos e agropecuários. De outra forma, esses resíduos quando são utilizados *in natura* podem colocar em risco a saúde pública (OWAMAH *et al.*, 2014).

Marrocos (2011) avaliou a composição química de biofertilizante produzido da fermentação de esterco de galinha e bovino. A concentração em g/kg de nitrogênio e potássio foi três vezes maior naquele proveniente do esterco de galinha e a

concentração de fósforo cinco vezes maior, quando comparado ao biofertilizante de origem bovina.

2.4. APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE EM LAVOURAS E HORTAS

Os biofertilizantes são compostos importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas mesmo apresentando valores quantitativamente baixos dos seus componentes químicos, porém apresentam grande diversidade de compostos, estimulam a atividade microbiológica e enzimática e promove a liberação de nutrientes e a qualidade física do solo que promovem maior crescimento e nutrição de plantas (Mesquita *et. al.* 2010).

Estudos tem demonstrado que os biofertilizantes tem efeitos fungistáticos, bacteriostáticos e repelente sobre insetos, pois o mesmo apresenta uma propriedade coloidal que provoca a aderência do inseto sobre o tecido vegetal. Para insetos como pulgões e mosca das frutas, Santos e Sampaio (1993) destacaram efeitos repelente e deterrente deste composto.

Para Pinheiro e Barreto (1996) o biofertilizante usado em pulverizações foliares deve ser utilizado em concentrações variando de 0,1 a 5% pois concentrações elevadas podem causar estresse fisiológico na planta o que pode retardar seu crescimento, floração e frutificação. Em hortaliças deve-se concentração de 0,1 a 3% em aplicações semanais, já em frutífera a concentração pode variar de 1 a 5%. E aplicações sobre o solo podem ser em 20% de concentração.

Diversas culturas fazem uso de biofertilizantes como adubo foliar ou no controle de pragas e doenças, e independente do modo de ação, os resultados são sempre satisfatórios. A primeira aplicação de biofertilizantes foi no início dos anos 80 em lavouras de café e cana de açúcar como um complemento nutricional por agricultores do estado do Rio de Janeiro. Em 1985, foi utilizado na cultura do maracujá, seringueira e café diminuindo consideravelmente o ataque de patógenos e pragas e aumentando consideravelmente a produção (BARRETOS, 1981).

A produção comercial de pepino, berinjela, tomate e alface foram incrementadas com o uso de biofertilizante líquido oriundo de esterco bovino na concentração de 20%, tanto em estufa quanto no campo, o qual foi pulverizado sobre as plantas (PINHEIRO e BARRETO, 2000).

Freire *et al.* (2009) utilizaram biofertilizante líquido produzido a partir de esterco bovino na água de irrigação do cultivo de melão. Essa prática não incrementou a produção nem a qualidade dos frutos, mas aumentou significativamente o teor de matéria orgânica do solo.

No quiabo e pimentão de cultivo orgânico, a utilização de biofertilizante líquido, aplicado no sulco de plantio proveniente de esterco bovino não alterou o peso, número e o padrão comercial dos frutos sugerindo que esse produto pode contribuir para a elevação dos teores foliares (SOUZA, 2001).

Viana *et al.* (2003) compararam adubação verde, composto orgânico e biofertilizante no cultivo de cenoura e este último favoreceu o desenvolvimento vegetativo e promoveu maior desenvolvimento.

Benício *et al.* (2012) testaram a eficiência de biofertilizante líquido pulverizado sobre mudas de melancia até atingirem o ponto de transplante. A aplicação foi realizada duas vezes por semana e foram avaliados o número de folhas, altura, peso fresco de raiz, peso fresco da parte aérea, peso fresco total, peso seco de raiz, peso seco da parte aérea e peso seco total. Todas as características, exceto o número de folhas, responderam positivamente à utilização do biofertilizante mostrando a eficiência do biofertilizante na formação de mudas de melancia.

Dantas *et al.* (2014) observou uma tendencia linear crescente na obtenção de biomassa mostrando que o aumento das doses de biofertilizante proporcionou incremento de $0,0379\text{g.plantas}^{-1}$ em mudas de acerola, obtendo frutos com peso máximo de 1,66g quando aplicado o equivalente a dose de 12%, ou seja, a maior disponibilidade de nutrientes essenciais promoveu uma maior biomassa seca.

O mesmo foi observado por Cavalcante *et al.* (2010) para o cultivo de goiabeira onde o aumento na dose de biofertilizante estimulou o acúmulo de matéria seca total das mudas de goiabeira.

O uso de biofertilizante associado a outras práticas tem se mostrado eficiente. A associação de biofertilizante de esterco bovino e adubação mineral na cultura do mamoeiro resultaram em um aumento de mais de 100% de frutos por planta quando comparado ao tratamento com ausência de adubação mineral (ARAÚJO, 2007). Também houve aumento significativo no número de frutos avaliados na cultura do maracujazeiro amarelo com adição de NPK ao biofertilizante (DANTAS *et al.*, 2006).

Desta forma, pode-se esperar cada vez mais a procura por biofertilizantes sendo necessário o aumento da produção. Esta realidade só será possível com um melhor aproveitamento dos resíduos e um melhor estudo a respeito dos biodigestores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo nos leva a compreender que o desenvolvimento da suinocultura, bovinocultura e aves não pode ser visto apenas como um problema ambiental pois os dejetos bem manejados são excelente fonte de adição de nutrientes e matéria orgânica também.

Os biodigestores são tecnologias que proporcionam uma produção que contribui efetivamente para a promoção da sustentabilidade em propriedades rurais.

Estudos mostram que os biofertilizantes podem ser amplamente aplicados, principalmente na agricultura orgânica, sobretudo no cultivo de hortaliças e que a resposta a utilização desse produto é positiva ao incrementar a produção, além de diminuir os custos com fertilizantes comerciais e ter um impacto ecologicamente positivo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. E. N. *et al.* Biodigestores: construção, operação e usos do biogás e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais. **Anais**. In: II Simpósio Brasileiro De Agropecuária Sustentável. Viçosa. 2010
- ALVES G. S.; *et al.* Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 661-665, 2009.
- ARAÚJO, E. N. *et al.* Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.5, p.466–470, 2007.
- BARBOSA, C. H. **Eficiência nutricional de diferentes biofertilizantes produzidos a partir de resíduos da agricultura familiar no desenvolvimento da pimenta de cheiro**. 74p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais; do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas. Unoversidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.
- BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural**. São Paulo: Ícone, 1993.
- BARRETTO, D. X. **Composto Orgânico**. In: _____. Prática em Agricultura Orgânica. São Paulo: Ícone Ed. Ltda, 1985. p.51-63.
- BENICIO, L. P. F. *et al.* Formação de mudas de melancia (*Citrulluslanatus*) sob efeito dediferentes concentrações de biofertilizante. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.2, p.51-59, 2012
- CALZA L. F. *et al.* Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Engenharia Agrícola [online]**. 2015, v. 35, n. 6 [Acessado 17 Agosto 2021], pp. 990-997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p990-997/2015>>. ISSN 1809-4430. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p990-997/2015>.
- CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.
- CANALES, J. I. *et al.*Estudo de resíduo orgânico da produção de antibiótico (tetraciclina)como biofertilizante: teste em alface (*Lactuca sativa* L.).**Revista de Agricultura**. n. 3. V. 64. p. 221-229. 1989.
- CASTANHO, D. S, HARRUDA, H. J. Biodigestores, 2008. 7f. **VI Semana de Tecnologia em Alimentos** – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.
- CANALES, J. I. *et al.*Estudo de resíduo orgânico da produção de antibiótico (tetraciclina) como biofertilizante: teste em alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista de Agricultura**, v. 64, n. 3, p. 219-228, 1989.

COMASTRI FILHO, J. A. **Biogás independência energética do pantanal matogrossense**. Circular técnica, n.9, EMBRAPA Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá, Corumbá, 1981, 53p.

CIBiogasER, Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás, **BiogasMap**. Disponível em: <<https://cibiogas.org/biogasmap>>. Acesso em: jun. 2021.

CIBiogás, **Panorama do Biogás no Brasil em 2019**. Nota Técnica n. 2. Foz do Iguaçu 2020.

DANTAS, K. A. *et al.* Substratos e doses de biofertilizante bovino na produção de mudas de aceroleira. **Revista Verde**, v. 9. n.1, p. 157-162, 2014.

DANTAS, T .A. G.; *et al.* Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em solo tratado com biofertilizantes, NPK e calcário. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19, 2006, Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio: SBF/ UENF/UFRRJ, 2006. p.547

DEGANUTTI, R. *et al.* Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**. São Paulo.

DUARTE NETO, E. L. *et al.* Implementação e avaliação de um biodigestor de produção descontínua. **Revistas Exacta**, v. 3, n. 2, 2010.

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.45-50, 2002.

FERREIRA, M. D. L. S. *et al.*, Estudo sobre a difusão de uso de biodigestores no Brasil a experiência do projeto Dom Helder Câmara no nordeste brasileiro. 2013. **VIII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. Bahia.

FREIRE, J. L. O. *et al.* Atributos qualitativos do maracujá-amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v.5, n. 1, p.102-110, 2010.

GALBIATTI, J. A. *et al.* Estudo quali-quantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 4, p. 432 – 437, 2010.

GASPAR, R. M. **Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais, com Ênfase na Agregação de Valor: um Estudo de Caso na Região de Toledo – PR**. 106 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Paraná**. 2019. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pr>>. Acesso em maio de 2021.

MAPA. Instrução Normativa Técnica n.46. 2011.

MARROCOS, S. T. P. *et al.* Composição química e microbiológica de biofertilizantes em diferentes tempos de decomposição. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 34-43, 2011.

MEIRELLES, L. *et al.* **Biofertilizantes enriquecidos: caminho da nutrição e proteção das plantas**. Ipê: Centro de Agricultura Ecológica, CAE Ipê. 1997.

MESQUITA, E.F. *et al.* Teores foliares e exportação de nutrientes do mamoeiro baixinho de Santa Amália tratado com biofertilizantes. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 40, n. 1, p. 66-76, 2010

OWAMAH, H. I. *et al.* Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. **Journal waste management**, v. 34, n. 4, p. 747-752, 2014.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **MB-4 agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes**. Alagoas: MIBASA, 2000. 273.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **Agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes**. Porto Alegre: Junqueira Candiru. 1996. 276p.

RODRIGUES, N. S. *et al.* Uso de biodigestores para impulsionar a sustentabilidade ambiental. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n. 1, 2019.

SANTOS, A. C.; SAMPAIO, H. N. Efeito do biofertilizante líquido obtido da fermentação anaeróbica do esterco bovino, no controle de insetos prejudiciais à lavoura citros. In: **Seminário Bienal de Pesquisa**, 6., 1993, Rio de Janeiro. Resumos. Seropédica: UFRRJ, 1993.

SANTOS, A. C. V. Efeitos nutricionais e fitossanitários do biofertilizante líquido a nível de campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.13, n.4, p. 275-279, 1991.

SANTOS, A. C. V. AKIDA, F. **Biofertilizante líquido: uso correto na agricultura alternativa**. 35p. Seropédica, Rio de Janeiro, 1996.

SILVA, I. M. **Estudo de viabilidade da implantação de um biodigestor sertanejo no assentamento Trangola em Currais Novos (RN)**. 59p. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2019.

SOUZA, R. F. *et al.* Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influência da calagem e adubação orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.4, p.656-664, 2006.

SOUZA, J. L. Pesquisas e tecnologias para a produção de hortaliças orgânicas. In: **Hortibio 2001 - congresso brasileiro de horticultura orgânica, natural, ecológica e biodinâmica**, 1., 2001, Botucatu, SP. Palestras... Botucatu: Agroecológica, 2001. p. 178-224.

STUCHI, J. F. **Biofertilizante: um adubo líquido de qualidade que você pode fazer**. Editora Técnica, 2015.

VESSEY, J. K. **Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers.** Plant and soil, v. 255, p. 571– 586, 2003.

VIANA, J. V. *et al.* Produção de cenoura (*Daucus carota* L.) sob diferentes fontes de adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43, 2003, **Anais...** 2003, p.23.

ZUNIGA, I. C. **Biodigestores.** 64p. Monografia. Instituto de Ciências Básicas e Ingeniera. Universidad Autonoma Del Estado de Hidalgo, México, 2007.