



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS – *CAMPUS BAMBUI*  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

Samuel Costa Bottrel

**CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTRATO DO SOLO COM USO DE CAMA DE  
FRANGO FERMENTADA E NÃO FERMENTADA**

Bambuí – MG  
2022

SAMUEL COSTA BOTTREL

**CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTRATO DO SOLO COM USO DE CAMA DE  
FRANGO FERMENTADA E NÃO FERMENTADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental  
Projeto Estruturante: Agroecossistemas.

Orientadora: Dra. Fernanda Morcatti Coura

Coorientador: Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti

Bambuí – MG

2022

B751c Bottrel, Samuel Costa.

Caracterização de substrato do solo com uso de cama de frango fermentada e não fermentada. / Samuel Costa Bottrel. – Bambuí, 2022.

86 f.: il.; color.

Orientadora: Dra. Fernanda Morcatti Coura.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2022.

1. Adubação. 2. Avicultura. 3. Germinação. I. Coura, Fernanda Morcatti. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 681.81



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Bambuí  
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação  
Seção de Pós-Graduação  
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG  
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

### PARECER Nº 13

### FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “**CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTRATO DO SOLO COM USO DE CAMA DE FRANGO FERMENTADA E NÃO FERMENTADA**”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Samuel Costa Bottrel**, sob a orientação dos professores **Dra. Fernanda Morcatti Coura (orientadora)** e **Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti (coorientador)**, aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 16/12/2022, com a média de **90,5 pontos**.

A análise das correções finais da dissertação sugeridas pela Banca Examinadora será feita pela professora orientadora.

Bambuí (MG), 16 de dezembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Carolina Oliveira Duarte, Usuário Externo**, em 16/12/2022, às 22:11, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Samuel costa bottrel, Usuário Externo**, em 20/12/2022, às 11:59, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Morcatti Coura, Professora**, em 05/01/2023, às 10:41, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Sousa Cavalcanti, Professor**, em 16/01/2023, às 10:46, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de Paula, Professora**, em 16/01/2023, às 14:14, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1410061** e o código CRC **A970AB84**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a minha família, em particular, minha irmã Sue Ellen Costa Bottrel, meu alicerce principal no incentivo a trilhar caminhos acadêmicos pelo Meio Ambiente.

## RESUMO

O composto orgânico de origem avícola é comumente denominado cama de frango, sendo uma mistura de substrato utilizada na forração dos pisos dos galpões, constituído de fezes, penas e restos de ração. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar os substratos com utilização de cama de frango *in natura* (não fermentada) e fermentada, de forma a identificar possíveis efeitos de toxicidade dos dois tratamentos na germinação das culturas. A cama de frango foi coletada em uma propriedade da empresa Avivar Alimentos Ltda., obtida a partir da terceira utilização no galpão de criação, direcionada para duas formas de armazenamento. Após a saída dos frangos para abate, uma parte do composto foi separada e identificada como cama de frango sem fermentação (CSF), armazenada em um balde hermeticamente fechado durante 15 dias e mantida sob refrigeração (17°C). A segunda parte do composto foi identificada como cama de frango fermentada (CFF), armazenada em um balde hermeticamente fechado, em temperatura ambiente, a fim de simular a fermentação ocorrida em campo em 15 dias. O plantio das sementes de milho e soja (10 sementes por vaso) foi realizado em vasos para cada um dos três tratamentos (Testemunha, CFF e CSF). Foi possível observar um enriquecimento nos níveis de macronutrientes e micronutrientes dos solos dos dois tratamentos com o composto, em comparativo com o solo-testemunha. Verificou-se que a quantidade de microrganismos amonificantes do solo reduziu de forma brusca na CFF, sendo a maior quantidade de microrganismos encontrada no tratamento-testemunha. O pH do solo tornou-se mais alcalino com a adição dos compostos. Porém, a cama de frango na proporção utilizada no estudo (21ton/ha) causou morte germinativa de todas as sementes dos dois tratamentos (CSF e CFF). Conclui-se que não é recomendada a utilização direta da cama de frango nas condições testadas em culturas, pois pode resultar em morte das culturas e alterações no solo.

**Palavras-chave:** Adubação. Avicultura. Germinação. Toxicidade.

## ABSTRACT

The organic compost of poultry origin is commonly called chicken litter, being a mixture of substrate used in the lining of the floors of the sheds, consisting of feces, feathers and remains of feed. The objective of the present work was to characterize the substrates using in-natura (non-fermented) and fermented chicken litter, in order to identify possible effects of toxicity of the two treatments on the germination of the cultures. The chicken litter was collected on a property of the company Avivar Alimentos Ltda, obtained from the third use in the breeding shed, and directed to two forms of storage. After the chickens left for slaughter, a part of the compost was separated and identified as chicken litter without fermentation (CSF), stored in a hermetically sealed bucket for 15 days and kept under refrigeration (17°C). The second part of the compost was identified as fermented chicken litter (CFF), stored in a hermetically closed bucket at room temperature, in order to simulate the fermentation that took place in the field in 15 days. The planting of corn and soybean seeds (10 seeds per pot) was carried out in pots for each of the three treatments (Control, CFF and CSF). It was possible to observe an enrichment in the levels of macronutrients and micronutrients in the soils of the two treatments with the compost, in comparison with the control soil. It was found that the amount of ammonifying microorganisms in the soil reduced sharply in the CFF, with the highest amount of microorganisms found in the control treatment. Soil pH became more alkaline with the addition of compounds. However, chicken litter in the proportion used in the study (21ton/ha) caused germinative death of all seeds in both treatments (CSF and CFF). It is concluded that the direct use of chicken litter under the conditions tested in cultures is not recommended, as it may result in the death of cultures and alterations in the soil.

**Keywords:** Fertilizing. Germination. Poultry. Toxicity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Blocos de tratamentos em casa de vegetação.....	40
Figura 2 – Mistura de solo padrão com cama de frango após homogeneização.....	41
Figura 3 – Sementes de milho e soja utilizadas no experimento, separadas e selecionadas para garantir a qualidade da germinação e crescimento das plantas.....	41
Figura 4 – Disposição das covas com padrão de distância e profundidade de 3 cm.....	42
Figura 5 – Disposição de sementes, totalizando 10 sementes plantadas para cada vaso.....	42
Figura 6 – Rega dos vasos com auxílio de uma mangueira em casa de vegetação. ....	43
Figura 7 – Visualização da germinação de soja e milho dos vasos dos três tratamentos.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise do pH e macronutrientes do solo dos tratamentos do experimento.....	44
Tabela 2 – Análise dos macronutrientes do solo dos tratamentos do experimento .....	45
Tabela 3 – Análise das características do solo dos tratamentos do experimento.....	45
Tabela 4 – Análise do solo dos tratamentos do experimento com relação aos teores de micronutrientes e caracterização do solo .....	45
Tabela 5 - Quantificação de microrganismos amonificantes pelo Número Mais Provável (NMP) no solo dos três tratamentos experimentais.....	46

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal

B - Boro

CFF - Cama de Frango Fermentada

C.O - Carbono orgânico

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CSF - Cama de Frango sem Fermentação

CU - Cobre

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA - Estados Unidos da América

Fe - Ferro

H<sub>2</sub>O - Água

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

K - Potássio

K<sub>2</sub>O - Óxido de Potássio

m - Porcentagem de saturação por alumínio

M.O - Matéria orgânica

Mn - Manganês

N - Nitrogênio

NH<sub>3</sub> - Amoníaco

NH<sub>4</sub> - Amônio

NMP - Número Mais Provável

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

P - Fósforo

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Pentóxido de Fósforo

pH - Potencial Hidrogeniônico

S - Soma de bases

T - Capacidade de troca de Cátions

t - Capacidade de troca de cátions efetiva

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

V - Porcentagem de saturação por bases

Zn - Zinco

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS .....	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	Produção avícola no Brasil.....	17
3.2	Composto orgânico de origem avícola.....	19
3.3	Uso da cama de frango na fertilização de culturas.....	30
3.4	Microrganismos amonificantes.....	38
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1	Localização do experimento.....	39
4.2	Análises do solo.....	39
4.3	Cama de frango .....	40
4.4	Tratamentos e condução do experimento.....	41
5	RESULTADOS.....	45
6	DISCUSSÃO.....	49
7	CONCLUSÃO.....	55
8	PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA.....	56

## 1. INTRODUÇÃO

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) surgiram em 2015 com a união de vários países das Nações Unidas para debater e criar uma agenda até 2030 com compromissos ligados à sustentabilidade. ODS não é somente preocupação ambiental; a agenda envolve 17 áreas de atuação, desde áreas sociais e de educação até meio ambiente. O produtor rural, não somente da avicultura, mas todos que geram o resíduo da produção animal, são elemento-chave para o sucesso da sustentabilidade, estando incluídos em 4 objetivos nestes ODS: 7- Energias renováveis; 11- Cidades e comunidades sustentáveis; 12- Consumo responsável; 15-Vida sobre a terra. O setor de avicultura, cada vez mais, é visto como fundamental para os avanços em práticas e processos que possam garantir a produção sustentável nas propriedades, visando à proteção ambiental e ao bem-estar dos animais.

O Brasil é o segundo maior produtor avícola de carne de frango, e exportou, em 2019, 4,2 milhões de toneladas ao ano, ficando atrás apenas dos Estados Unidos no ranking mundial (USDA, 2019). Quanto ao consumo interno, o País ocupa a quarta posição. A produção avícola brasileira se mantém em grande expansão, em busca de aumentar a oferta de proteína animal para o mercado interno e manter-se no ranking de exportador de carne de frango no mundo, sendo que, no ano de 2020, 13,845 milhões de toneladas de frangos foram produzidos no País (ABPA, 2021).

Em 2018, o Brasil atingiu 12,9 milhões de frangos de corte alojados durante o ano, sendo o estado de Minas Gerais o 5º colocado em produção de frango de corte no País (EMBRAPA, 2018). Considerando-se a relação entre aves alojadas e a produção de cama de frango em quilos (kg), e que cada ave alojada produz em sua vida, em média, 1,5 kg de material orgânico, por cerca de 42 dias de alojamento, pode-se calcular a quantidade aproximada de resíduo produzido por ano. Portanto, considerando-se os 12,9 milhões de aves alojadas em 2018, com 1,5 kg de média de produção de cama de frango por ave, chega-se ao resultado esperado de 19.350.000 ton. de cama produzida somente neste ano, tornando o estudo das melhores práticas de destino da cama de frango importante.

A população global aumentou significativamente para 7 bilhões em 2020 e deve atingir aproximadamente 10 bilhões em 2050. Consequentemente, a demanda mundial de

alimentos tem aumentado e, até 2050, prevê-se que a necessidade de alimentos per capita dobrará (MANOGARAN *et al.*, 2020). O aumento da produção de aves para atender ao mercado brasileiro, bem como ao mercado mundial, resulta no aumento da produção da cama de frango, que, em grande escala, tem capacidade considerável de poluição e degradação ambiental.

A composição da cama de frango varia de acordo com fatores ligados à criação, como idade das aves, quantidade de criadas feitas na mesma cama, tipo de substrato ou matéria-prima da cama utilizada e tipo de matriz nutricional da ração. A cama de frango *in natura* - ou seja, sem ser processada - tem grande potencial contaminante, principalmente pela presença de coliformes e outros microrganismos patogênicos, sendo seu uso para adubação sem um prévio tratamento, como fermentação, compostagem ou digestão anaeróbia, um fator de risco para o meio ambiente e contaminação de culturas adubadas (FIOREZE; SERANTONI; AZEVEDO, 2020).

A cama de frango também deve ser considerada fonte contaminante de cursos de água e lençóis freáticos, devido à presença de promotores de crescimento e antibióticos. Netto *et al.* (2007) discorrem sobre o tema referente à preocupação quanto aos resíduos de antimicrobianos e promotores de crescimento encontrados em cama de frango que vêm ocasionando a contaminação ambiental quando ela não é devidamente manipulada e tratada para utilização em adubação agrícola. Os estudos na área de monitoramento em cama de frango devem ser intensificados, a fim de parametrizar os riscos ambientais que envolvem a sua produção e utilização, sendo que há necessidade, também, de estudos para se desenvolver metodologias de controle de resíduos de antimicrobianos, bem como de constituintes da matriz nutricional das aves (SANTOS, 2002).

Considerando-se o emprego da cama de frango como adubo orgânico, quando não utilizada de forma previamente tratada e sem correta distribuição, pode apresentar efeitos de toxicidade pela presença de excreta natural da ave, rica em  $\text{NH}_3$ , que não se volatiliza, contaminando cursos de água e causando intoxicação em peixes, por exemplo (SEIFFERT, 2000). Esses impactos são caracterizados pelo aumento dos resíduos minerais e de microrganismos no solo, nos quais as bactérias presentes aumentam em quantidade, provocando decaimento nos níveis de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e gerando o  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , ocasionando, assim, carência de  $\text{O}_2$  (DAÍPRA *et al.*, 2009).

O substrato originário da cama de frango deve previamente passar por um processo de transformação, garantindo temperatura e pH ideais para sua biotransformação, a fim de se apresentar um substrato com maior taxa de biodisponibilidade de adubação e redução de contaminantes patológicos (AMARAL, 2020). A fermentação de cama de frango é um processo rotineiro nas propriedades produtoras de aves, em que são formadas leiras com altura superior a 1 metro, fechadas e enlonadas após serem umedecidas, e deixadas em descanso por um tempo de 7 dias para serem novamente reutilizadas no processo de criação de aves. Assim, o processo de fermentação proporciona maior segurança sanitária ao lote em criação (LEE *et al.*, 2017).

Os elevados custos dos fertilizantes comerciais e a poluição ambiental gerada fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa, em razão da ciclagem de nutrientes. Esses fatos geram um aumento na demanda por informações com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas (SANTOS *et al.*, 2011). Além disso, a obtenção de tecnologias de produção, de adubação do solo e de produtos químicos é dificultosa para os pequenos produtores. Neste contexto, insere-se a utilização dos compostos orgânicos como substitutos à tradicional adubação com produtos químicos.

De acordo com Costa (2019), a utilização de substitutos de adubação química por adubos orgânicos, além de ser economicamente viável, possui maior carga orgânica em sua composição e proporciona melhor desenvolvimento de mudas, gerando maior produtividade e crescimento. Ademais, a viabilização de novos substratos para utilização em germinação de culturas e hortaliças pode ser um atrativo, devido ao baixo custo que apresentam em comparativo com adubos químicos, sendo esta substituição positiva no crescimento de mudas (SILVA, 2019).

A utilização de cama de frango em diferentes tipos de adubação apresenta bons resultados para o crescimento das plantas. Brugnara (2014) relatou o crescimento do maracujazeiro-amarelo com a incorporação de cama de frango como substrato de adubação. Silva (2019) revela que o uso da cama de frango para a adubação da berinjela teve efeitos positivos para produção, sendo este tipo de adubação mais acessível que os adubos químicos convencionais e com bons efeitos no crescimento da planta, além de permitir a reutilização do composto do aviário, disponibilizando elementos químicos essenciais para restauração da fertilidade do solo. A busca por vias sustentáveis na produção agrícola tem sido contínua, e a

cama de frango se apresenta como uma fonte interessante para fertilização, além de ser uma alternativa para a destinação menos poluidora desses resíduos (GUIMARÃES *et al.*, 2016).

Vários cuidados devem ser tomados durante a compostagem para garantir a qualidade do processo (ASSES *et al.*, 2019), o que torna necessária a análise do composto depois de pronto para constatar a sua qualidade, pois compostos instáveis e imaturos podem afetar a germinação de plantas, além de provocar efeitos negativos no crescimento destas e na qualidade do solo. Por isso, a necessidade da realização dos testes de fitotoxicidade com compostos orgânicos. Esses fatores podem ocorrer por diminuição de nitrogênio ou de oxigênio presentes no composto, presença de agentes fitotóxicos, metais pesados, nitrogênio amoniacal e salinidade, além de grandes concentrações de compostos de baixo peso molecular, como ácidos orgânicos e fenólicos, que podem ter efeito nocivo nas plantas (LUO *et al.*, 2018; JALILI *et al.*, 2019).

O milho (*Zea mays* L.), em função do seu potencial químico, adaptabilidade, tolerância, composição e valor nutritivo, constitui um dos mais importantes cereais cultivados no Brasil (EMBRAPA, 2019), sendo que os produtores de milho obtiveram safra do cereal com 87,4 milhões de toneladas na temporada 2021/22 (CONAB, 2022). Além do milho, em 2018/19, o Brasil teve uma produção de soja de 114,843 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2019), sendo uma das principais culturas de leguminosas que fornecem proteínas em rações animais e uma das maiores fontes de óleo vegetal (LI *et al.*, 2019). Dessa forma, é interessante a utilização de compostos na adubação do milho e da soja, substituindo, mesmo que parcialmente, a adubação química pela orgânica. Considerando-se a grande importância destas culturas para o agronegócio brasileiro, a quantidade de cama de frango gerada no país e o efeito negativo que o uso de cama de frango sem tratamento prévio pode desencadear sobre os vegetais, é interessante verificar a fitotoxicidade em plantas tratadas com compostos orgânicos de cama de frango.

Ainda são poucos os trabalhos que relatam o efeito dos fertilizantes orgânicos originados da produção avícola, sendo a maioria dos estudos relacionados à suinocultura. Diante do exposto e do potencial poluidor do resíduo cama de frango, trabalhos que investigam sua reutilização são de extrema relevância na atualidade e para a sustentabilidade do setor produtivo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Caracterizar os substratos após a utilização de cama de frango em apresentações *in natura* e fermentada para adubação de culturas de milho e soja.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar se há germinação em sementes de milho e soja adubadas com cama de cama de frango *in natura* e fermentada;
- Determinar se o processo de fermentação reduz a fitotoxicidade da cama de frango em culturas de milho e soja adubadas com o composto;
- Quantificar os nutrientes do solo com adição da cama de frango (fermentada e não fermentada) em comparação com o solo-testemunha (sem o composto);
- Analisar a quantidade de microrganismos amonificantes nos diferentes tratamentos.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Produção avícola no Brasil**

A avicultura consiste na criação de aves para o comércio e envolve várias atividades, como o estabelecimento de fazenda de criação de aves de corte, criação de galinhas poedeiras (produção de ovos), fabricação de ração para aves, criação de mercado de carne de aves etc. Tal atividade pecuarista destacou-se no Brasil no fim da década de 1950 e continua expressiva na economia brasileira e no mercado externo (DANTAS, 2014).

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a primeira referência sobre a chegada da avicultura ao Brasil remete ao descobrimento pelos portugueses, em 1502. O navegador encarregado de mapear parte do imenso e ainda desconhecido litoral do Brasil também trouxe para o país as matrizes de aves. Nos primórdios, essas aves eram mestiças, produto de cruzamentos ao longo dos séculos, e a ausência de dificuldades na criação de aves no país fez com que a avicultura se desenvolvesse, primeiramente nas cidades litorâneas e de forma artesanal. O estado de Minas Gerais, onde foram descobertas as principais jazidas de ouro no final do século XIX, era o maior produtor de aves do país, abastecendo boa parte do território nacional (ABPA, 2018).

A produção de frangos de corte em escala industrial no Brasil iniciou posteriormente à Segunda Guerra Mundial. Os estados mais desenvolvidos até meados da década de 1960 eram São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (TREMEEA; SILVA, 2020). Os programas de melhoramento genético passaram a avaliar o número de ovos incubáveis e a taxa de eclosão. Entre 1970 e 1980, a preocupação voltou-se para a conversão alimentar, e, no início dos anos 1990, as pesquisas passaram a incluir as instalações de equipamentos, expressando preocupação com a redução de mão de obra e o bem-estar animal (SCHMIDT; SILVA, 2018).

A avicultura foi integrada a um modelo tecnológico que busca uma boa qualidade e, ao mesmo tempo, uma grande produtividade, além de integrações comerciais com pequenos granjeiros, transformando o processo de produção avícola em uma grande cadeia produtiva. Um dos fatores influenciadores foi o aumento do consumo da carne de frango, com os consumidores preferindo carne vermelha à carne branca (MEDEIROS; SOUZA, 2009).

O Brasil, nas últimas décadas, cresceu no setor aviário, principalmente pela ocorrência de algumas crises causadas por epidemias na década de 1990 em várias partes do mundo, além das suas características climáticas e a alta produção de grãos, que são utilizados na nutrição de aves (PEREIRA, 2018). Além disso, o crescimento se deu também pela utilização de novas técnicas que melhoraram o sistema de controle e produção, diminuição do uso de energias e matéria-prima, produção de diferentes recursos energéticos, além da facilidade na obtenção de insumos. Assim, o sucesso da avicultura pode ser explicado pela combinação de preços baixos, se comparado a outras carnes, e a seu ciclo rápido (SCHMIDT *et al.*, 2018).

A avicultura de corte apresenta crescimento contínuo. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de carne de frango, com um total de exportação de 4,2 milhões de toneladas de carne de frango ao ano, atrás apenas dos Estados Unidos, que ocupa a primeira posição mundialmente (USDA, 2019). Quanto ao consumo doméstico, o Brasil se localiza na quarta posição, atrás dos Estados Unidos, China e União Europeia. Em 2016, o Brasil exportou carne de frango para 141 países, destacando Arábia Saudita, China, Japão, Emirados Árabes Unidos e Hong Kong. Inclui-se na lista dos principais compradores da carne de frango produzida em Minas Gerais a África do Sul, que importou 124 mil toneladas (US\$ 38,9 milhões). Do volume total de frangos produzidos no país em 2020, 69% foram destinados ao consumo interno, e 31%, para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango atingiu 45,21 quilos/ano<sup>-1</sup> (ABPA, 2021). Cabe ainda ressaltar que um grande percentual da produção está voltado para exportações, devido ao incentivo de políticas públicas existentes no Brasil, propiciando o status de um grande agroexportador (DANTAS, 2014).

Para os produtores, o sistema de integração garante o escoamento da produção, assistência técnica e obtenção de melhores insumos de produção. Além disso, assegura produção ininterrupta, propicia maior facilidade de acesso ao crédito e a incorporação mais rápida de inovações tecnológicas (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Como consequência, a produção tem sido uma das mais organizadas do mundo, destacando-se das demais criações pelos resultados alcançados não só em produtividade e volume de abate, mas também no desempenho econômico, contribuindo de forma significativa para a economia brasileira (PROCÓPIO; LIMA, 2020). Outro fator favorável à criação de frangos no Brasil é a elevada produção interna de grãos, como o milho e a soja. Em termos gerais, pode-se afirmar que os avanços da avicultura

brasileira foram resultados da introdução de inovações nas áreas de genética, nutrição, sanidade e novos equipamentos no sistema criatório, o que possibilitou um ganho significativo na taxa de conversão alimentar (SCHMIDT; SILVA, 2018).

Atualmente, a exploração avícola tem se caracterizado pela produção de frangos de corte cada vez mais precoce, o que constitui um dos ramos da produção animal de maior desenvolvimento e progresso tecnológico (RECK; SCHULTZ, 2016). No decorrer dos anos, a produção de aves foi um setor com elevado crescimento devido às modificações do manejo, avanço da genética, entre outros fatores (USDA, 2019). É notável a evolução da agroindústria avícola brasileira, produzindo cerca de 70% dos custos da produção. O crescimento do setor representa melhorias para os produtores, consumidores e para toda a economia do país. No entanto, este crescimento de produção também tem acarretado maior volume de resíduos sólidos produzidos (PERONDI *et al.*, 2017). O grande processo produtivo gera quantidade significativa de matéria orgânica (RIBEIRO *et al.*, 2018). A produção de frango gera resíduos na forma de esterco, aves mortas e a cama de frango (TERZICH *et al.*, 2000). Dessa forma, implementar soluções para o manejo adequado dos resíduos é indispensável para assegurar a preservação ambiental.

A avicultura tem um processo de produção intensivo, ou seja, um grande volume de carne de frango em um espaço reduzido, em um menor tempo possível, gerando resíduos diversos. O aproveitamento dos resíduos e subprodutos agropecuários torna-se a cada dia uma preocupação constante, pois pode ser visto como algo negativo. Assim, a avicultura, enquanto ramo na produção de alimentos, vem se destacando nas últimas décadas, trazendo consigo a discussão sobre os impactos ambientais ligados à sua atividade. Tal fato foi ganhando importância com o aumento das exigências sanitárias, tanto em âmbito nacional como internacional, e as novas normativas voltadas para a preservação do meio ambiente (SCHMIDT; SILVA, 2018; PROCÓPIO; LIMA, 2020).

### **3.2 Composto orgânico de origem avícola: a cama de frango**

Dentre os resíduos produzidos na avicultura de corte, o principal subproduto é a cama de frango (GARCÊS *et al.*, 2017; BORTOLINI *et al.*, 2020). O composto orgânico de origem avícola é comumente denominado cama de frango, sendo o resultado de uma mistura

de substrato de fezes, de penas e restos de ração, utilizada na forração dos pisos dos galpões. A cama de frango é um resíduo orgânico de baixo custo, constituído de material de origem vegetal, como pó de serra e resíduos da indústria de madeira, que são adicionados nos aviários com o objetivo de proteção dos animais e para redução do calor. Porém, há pouco conhecimento sobre a sua constituição e padrões de qualidade (TESSARO *et al.*, 2015).

É um material absorvente distribuído sobre a pavimentação dos galpões que serve de leito às aves (GARCÊS *et al.*, 2017). Detalhadamente, a cama de frango é constituída pelas excretas (fezes e urina) e pelo material empregado como substrato na forração dos galpões, bem como pelas penas e descamações da pele das aves e restos de alimento e água que caem dos sistemas de alimentação. Sua função consiste em proporcionar isolamento térmico e uma superfície confortável para as aves, evitando contato direto com o piso para impedir a formação de calosidade no peito das aves - fator importante diante da nobreza deste corte (TAUPE *et al.*, 2016). O composto também apresenta nutrientes fundamentais para a produção vegetal, como potássio, carbono e nitrogênio (PITTA *et al.*, 2012), com alto teor de material orgânico e nutrientes, aumentando a possibilidade do uso na agricultura.

Os substratos mais utilizados na forração dos pisos dos galpões são subprodutos industriais ou restos de culturas agrícolas, como maravalha, resíduos de beneficiamento industrial da madeira, sabugo de milho triturado, casca de arroz, palhada de culturas em geral, fenos de gramíneas e casca de amendoim. É importante ressaltar que as camas não são iguais; existem, além de variações do tipo de cama utilizada, variações nas quantidades empregadas como substrato para formação dessa cama, oscilando também os números de lotes que são criados sobre a mesma cama (GARCÊS *et al.*, 2017).

Segundo Ma *et al.* (2019), 1 kg de cama de frango por ave é produzido aproximadamente dentro de 47 dias do período de crescimento - quantidade alta se observada a produção mundial de aves. Já Dalólio *et al.* (2017) estimam que a produção de cama para um ciclo de 42 dias de criação varia de 1,5 a 5,7 kg de cama/ave<sup>-1</sup>. A quantidade da cama de frango, bem como suas características físicas e químicas, dependem de vários fatores; entre eles, podem-se destacar a duração do lote, a densidade de alojamento (aves/m<sup>2</sup>), número de reutilizações da cama, tipo de manejo, características ambientais da região, entre outros (TAUPE *et al.*, 2016).

De acordo com o Manual de Manejo Ambiental da Cama de Aviário (PALHARES, 2008), o armazenamento da cama pode ocorrer de duas formas, de acordo com o tempo de armazenagem:

- a) curto prazo: mínimo de 2 e máximo de 16 semanas; a céu aberto, sendo obrigatória uma cobertura de lona plástica, cortina de ráfia reutilizada, devendo ocorrer em terrenos bem drenados e distantes de fontes d'água.
- b) longo prazo: devem-se construir instalações com sistemas de drenagem e cobertura.

A cama de frango é produzida após vários ciclos de produção de aves (frango, chester, peru) e é normalmente reutilizada de 4 a 6 vezes. De acordo com Chinivasagam *et al.* (2016), como forma de reduzir os custos produtivos, a cama de frango é reutilizada por vários lotes consecutivos, constituindo, dessa forma, um resíduo com elevada carga orgânica e, conseqüentemente, elevado potencial poluidor. Entre os ciclos de produção das aves, efetua-se a redução de carga microbiana da cama de frango, aplicando-se, geralmente, hidróxido de cal (CaO) ou cal virgem à cama (HAHN, 2004). Em geral, a reutilização ocorre por seis lotes consecutivos, não devendo, no entanto, ser reutilizado quando o lote anterior tiver passado por problemas sanitários, por exemplo, doenças virais (VIRTUOSO *et al.*, 2015). Entretanto, quando ocorre a substituição da cama de frango, a sua remoção se dá, geralmente, considerando a sua aplicação no solo, se houver disponibilidade de área. Não havendo área para aplicação, por vezes, o granjeiro não tem opção, senão descartar o resíduo em áreas disponíveis, comumente próximas a recursos hídricos, originando um passivo ambiental (NIE *et al.*, 2015).

A geração de resíduos da avicultura é bem significativa no Brasil, inevitável pela alta produção atual (COSTA *et al.*, 2017), desencadeando uma problemática ambiental, como já relatado. Sua alta quantidade de minerais dificulta a sua utilização em áreas agrícolas por longos períodos (MA *et al.*, 2019). Apesar de possíveis benefícios para o solo (enriquecimento nutricional, aumento de matéria orgânica etc.), a cama de frango apresenta algumas questões que podem dificultar o seu uso, como poluição ambiental e proliferações de vetores de doença. Isso se deve à presença de produtos orgânicos e de microrganismos patogênicos (MENDES, 2011), além de alguns produtos utilizados no manejo da produção, como antibióticos e promotores de crescimento. Alguns desses produtos podem afetar de forma negativa o ecossistema pelo escoamento e lixiviação (YOUNG *et al.*, 2016). Assim, a cama de frango sem

tratamento prévio pode trazer contaminações à água e desequilíbrio ao solo, causando instabilidade ambiental. Desse modo, tornam-se necessárias medidas eficazes para os tratamentos desses resíduos.

Sistemas de produção, juntamente com a preservação do meio ambiente, estabelecem o princípio da reciclagem, no qual o resíduo de um sistema passa a ser o insumo para que o outro produza. A aplicação de matéria orgânica no solo tem efeito químico e físico no solo, refletindo no seu potencial produtivo, principalmente em solo que apresenta baixos teores de matéria orgânica, como os do Cerrado (FELINI *et al.*, 2011). Segundo Pauletti *et al.* (2008), o aproveitamento de adubos orgânicos de origem animal é de fundamental importância para o desenvolvimento e crescimento das culturas, em função dos seus baixos custos e dos benefícios deles na melhoria da fertilidade, conservação do solo e maior aproveitamento dos recursos existentes na propriedade. Portanto, o uso de cama de frango pode ser viabilizado pelos produtores na adubação das culturas comerciais. Outro aspecto que maximiza seu uso é a baixa relação C:N, que permite a rápida mineralização e liberação de nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Essa característica, associada ao baixo preço e grande oferta (CAMPOS *et al.*, 2017), faz deste insumo uma alternativa viável para a agricultura.

Com a intensificação da produção de frango de corte, principalmente com aumento do índice de conversão alimentar e redução do tempo de criação com a utilização de rações mais concentradas, o volume de resíduos gerados por essa atividade também aumentou. Com isso, a cama de frango tem sido frequentemente utilizada pelos produtores na adubação. Estudos têm sido feitos para demonstrar a viabilidade desse resíduo como fertilizante em culturas como sorgo (SANTOS *et al.*, 2004), soja (ADELI *et al.*, 2005), milho (BOATENG *et al.*, 2006) e algodão (ADELI *et al.*, 2007). O destino da cama de frango na propriedade avícola varia, assim como sua utilização como adubo orgânico (cessão interna), ou venda e uso na alimentação animal (este recentemente proibido por problemas sanitários) (VICENTINI; OLIVEIRA, 2019). Em razão do pequeno espaço para aplicação dos dejetos, a maioria dos produtores aplica elevadas taxas de cama nas mesmas áreas como forma de eliminação do excesso de produção, sem levar em consideração as necessidades nutricionais das plantas cultivadas, elevando os riscos de possível contaminação do solo e da água. Embora os resultados sejam promissores, pouco se conhece sobre a influência desse fertilizante sobre os atributos físicos do solo.

A produção de frangos de corte cresce consideravelmente, apresentando-se como uma atividade de alto potencial poluidor, agravando-se com o aumento do número de animais confinados em pequenas áreas, com conseqüente aumento no volume de dejetos e resíduos produzidos (TAUPE *et al.*, 2016). O sistema de produção de frangos com práticas inadequadas na agropecuária revela potencial de poluição para o ar, solo e água, contribuindo para o acréscimo da degradação de recursos naturais e poluição ambiental. A cama de frango disposta de qualquer forma pode gerar problemas ambientais, visto que a sua viabilidade e sustentabilidade em aplicações constantes apresentam riscos econômicos, sociais e ecológicos (MENDES, 2011).

O armazenamento da cama de frango causa mau cheiro e proliferação de vetores de doenças (MA *et al.*, 2019). Além disso, ela foi utilizada para alimentação de ruminantes por muito tempo, até que foi associada com algumas doenças no rebanho, sendo proibida sua utilização na nutrição de animais. O uso da cama de frango na agricultura de forma negligente traz alguns riscos (YOUNG *et al.*, 2016), pois é sabido que o composto pode conter patógenos, além de influenciar diretamente na fertilidade do solo devido à presença de substâncias tóxicas (OGUNWANDE *et al.*, 2008). Além disso, nas unidades de produção avícola, mesmo com taxas moderadas de mortalidade durante o desenvolvimento, torna-se evidente a disposição de aves mortas (BADO, 2006).

Segundo Taupe *et al.* (2016), a contaminação do solo e da água compromete a qualidade destes, além de proporcionar, em alguns casos, toxicidade a animais e plantas - fatos que só serão observados a médio e longo prazo. A aplicação direta da cama de frango no solo pode provocar eventos impactantes tanto no solo quanto nos corpos hídricos, proporcionando, conseqüentemente, a degradação dos ecossistemas aquáticos e gerando riscos à saúde humana, especialmente por conter uma grande carga orgânica e pela enorme quantidade de nitrogênio e fósforo que estão presentes nos dejetos (PERONDI *et al.*, 2017; BAYRAKDAR *et al.*, 2018). Aplicações em quantidades elevadas de dejetos podem extrapolar os benefícios do fertilizante e aumentar os riscos ambientais, implicando em altas cargas de nutrientes (N, P, Cu e Zn), metais e patógenos, entre outros, no ambiente. Assim, a utilização da cama de frango na agricultura, sem a aplicação de algum tipo de tratamento para diminuir e/ou eliminar as substâncias tóxicas, pode causar riscos à fauna e à flora, além de riscos à saúde humana

(YOUNG *et al.*, 2016). Esses fatores impulsionam a necessidade de examinar alternativas de tratamento e uso de cama de frango de forma sustentável e econômica.

Os impactos no ar estão relacionados com a emissão de gases e poeira. A poluição atmosférica ocorre devido à produção da amônia nos resíduos avícolas e por esta ser solúvel em água, sintetizada a partir do nitrogênio e do hidrogênio, sendo que, com a contribuição de produtos químicos, acontece a liberação de gases que possuem odor forte (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2012). Já no solo, ocorrem pelo excesso de minerais depositados em decorrência do mau uso da cama e acúmulo de aves mortas. Na água, pode ocorrer a contaminação do lençol freático, por receber elementos residuais do que foi aplicado ao solo. Os nutrientes contidos nos resíduos avícolas podem afetar águas superficiais e subterrâneas, onde as bactérias oriundas da matéria fecal das aves podem contaminar as águas de consumo humano e animal (RONDÓN, 2008). Ainda segundo Biazoto (2012), quando esses nutrientes atingem os corpos hídricos, ocorre a eutrofização, sendo que o aumento de nutrientes (nitrogênio e fósforo) favorece a proliferação de algas, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido, resultando na mortandade de peixes e impactando negativamente o ambiente aquático.

A fertilização do solo vem sendo muito utilizada como destinação final da cama de frango *in natura*, ou seja, sem nenhum tratamento prévio ao uso. O nitrogênio, a amônia e os nitratos são encontrados em maior concentração nos resíduos avícolas. Estes, quando utilizados como adubo em níveis excessivos, devido à sua solubilidade, acabam favorecendo a poluição do lençol freático. Também o fósforo é solúvel e, quando ocorre a precipitação pluviométrica em terrenos com mais declividade, pode atingir a água superficial, como lagos e rios, especialmente em solos arenosos (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2012). Bado (2006), ao pesquisar os impactos da avicultura, verificou que a produção de resíduos da produção avícola aumenta de acordo com a população de aves disponíveis e, conseqüentemente, nas mesmas proporções, os impactos causados ao ambiente. Neste sentido, as discussões ambientais passam a ter relevância, refletindo em todos os níveis e setores da sociedade.

O aumento do custo de fertilizantes inorgânicos de elevada solubilidade e reduzida ação condicionadora do solo tem direcionado a atenção de pesquisadores e produtores agrícolas para utilização de adubos orgânicos preparados a partir de fontes alternativas às comerciais. Assim, a adição de fertilizante orgânico obtido a partir de cama de frango poderia contribuir para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. A cama de frango

usada corretamente reduz as taxas de erosão e escoamento de nutrientes ao longo do tempo, além de ser uma forma de reciclagem de nutrientes no esterco, contendo nitrogênio, fósforo e potássio, assim com capacidade benéfica em mudar as características do solo (MA *et al.*, 2019).

O cenário problemático da utilização da cama de frango pode ser revertido com o manejo adequado. As tecnologias de tratamento mais utilizadas para cama de aviário, segundo o Manual de Manejo Ambiental da Cama de Aviário, são a biodigestão e a compostagem. A compostagem elimina alguns patógenos e sementes de plantas invasoras, desenvolve-se livre de insetos e roedores e pode ser utilizada dentro do aviário como tratamento da cama velha quando se busca sua reutilização, mas requer mão de obra intensiva e diária (PALHARES, 2018). A compostagem torna o resíduo apto para a utilização como fertilizante e diminui riscos de toxicidade (YOUNG *et al.*, 2016).

O uso do sistema de compostagem para tratamento e destino de carcaças de animais vem sendo amplamente pesquisado desde de 2000. Este sistema tem como objetivo converter a matéria orgânica, como esterco fresco de aves, cama de aviário ou restos de culturas, em um material quimicamente mais uniforme e com baixa presença de substâncias odoríferas, chamado húmus ou composto. A compostagem é um processo de reciclagem de resíduos (RINALDI *et al.*, 2014) que propicia o aproveitamento de nutrientes e matéria orgânica da cama de frango (ZHANG; SUN, 2017). Em sua composição mineral, parte dos compostos da cama de frango é disponível para as plantas, e outra se encontra de forma orgânica, necessitando de fatores biológicos do solo para ser disponibilizada (LOURENÇO *et al.*, 2013). A compostagem pode diminuir os problemas relacionados à utilização da cama de frango, já que os compostos orgânicos são estabilizados para a aplicação como fertilizante com diminuição de riscos de toxicidade (OGUNWANDE *et al.*, 2008; YOUNG *et al.*, 2016).

A umidade, oxigenação, temperatura, pH e relação carbono/nitrogênio são os principais fatores a serem monitorados para uma boa compostagem. Segundo Maragno *et al.* (2007), é importante o revolvimento do composto, pois isso introduz um novo ar, rico em oxigênio, e libera o ar contido na leira, essencial para manutenção dos microrganismos. A temperatura é de extrema importância, pois a eliminação de patógenos depende dela, ocorrendo em temperaturas acima de 55°C, indicando, ainda, a decomposição da matéria orgânica (JEONG *et al.*, 2017). O pH é também um fator que influencia na comunidade de microrganismos, sendo que pH de 7,0 a 8,0 é ideal para compostagem; já pH ácido inibe a

atividade microbiana (CHAN *et al.*, 2016). A umidade ideal se faz necessária, variando para cada composto, o que é importante, pois os microrganismos necessitam de água para decompor a matéria orgânica. Desse modo, baixa umidade pode interromper esse processo, obtendo-se, assim, um produto final biologicamente instável; já alta umidade afeta o processo anaeróbico, não tendo continuidade na compostagem (PETRIC *et al.*, 2009).

A relação C/N (carbono e nitrogênio) é importante para se ter processos microbiológicos favoráveis, fazendo-se necessária a adição de biomassa vegetal, pois resíduos animais normalmente possuem baixa relação de C/N, que é usada como fonte de energia pelos agentes degradadores da matéria orgânica (CHANG; CHEN, 2010). Considerando-se que vários fatores podem influenciar a qualidade e o tempo de compostagem, a utilização de tecnologias e a adição de minerais para enriquecimento do composto e inoculação podem agilizar o processo da degradação.

Inicialmente, na compostagem, ocorrem reações bioquímicas de oxidação intensa do material, desencadeada pela ação de microrganismos termofílicos, principalmente bactérias, protozoários, fungos que atuam no material compostado, elevando a temperatura de 60 a 70°C e acelerando o processo de decomposição. Posteriormente, a temperatura decai, ocorrendo o processo de humificação (BADO, 2006). O processo de compostagem reduz o peso, volume e o teor de umidade no material original. Paiva (2002) analisou diferentes amostras de material compostado a partir de carcaças de aves e concluiu que uma tonelada de composto corresponde a 16,8 kg de nitrogênio (N), 20,9 kg de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 14,1 kg de potássio (K<sub>2</sub>O). Este recurso, já empregado na agricultura, consiste em um processo naturalmente controlado pelo qual microrganismos benéficos (bactérias e fungos) transformam resíduos orgânicos em produtos finais benéficos e úteis (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2018). Considerando-se o processo de compostagem, embora muito utilizado, ainda necessita de melhorias, especialmente no que se refere ao aumento da praticidade (WEI *et al.*, 2019).

O uso de biotecnologias é factível, o que pode tornar o processo de compostagem mais eficiente e rápido. Dentre as tecnologias, o emprego de inoculantes, tanto fungos quanto bactérias, pode propiciar aumento na biodegradação (SILVA *et al.*, 2017). Estudos mostram que a inoculação de microrganismos exógenos nos compostos promove a decomposição de elementos lignocelulose (celulose, hemicelulose e lignina), aumentando significativamente a degradação (WEI *et al.*, 2019). Sánchez *et al.* (2017) reportaram a necessidade de enriquecer

os compostos, pois muitos não apresentam micronutrientes necessários para as plantas. Esses autores relatam que o uso de compostos nitrogenados, juntamente com a inoculação, altera as características da biota do solo, fazendo com que as plantas absorvam de forma controlada esses nutrientes, evitando sua lixiviação.

A utilização de biodigestores, dos quais, após o processo de fermentação, obtêm-se o biogás (gás inflamável) e os biofertilizantes (líquido orgânico-mineral estabilizado) pode ser uma das tecnologias empregadas para aperfeiçoar o balanço energético das propriedades. Nesse contexto, a biodigestão anaeróbia surge como uma alternativa atraente para o tratamento do resíduo avícola. Esse é um método eficaz no tratamento de dejetos da produção animal, principalmente por reduzir a concentração de microrganismos patogênicos, melhorar as características agronômicas do material, por meio da estabilização da matéria orgânica, e também por produzir uma fonte energética alternativa, o biogás (ZEB *et al.*, 2017).

De acordo com Oliveira *et al.* (2011), os nutrientes presentes no resíduo garantem a sobrevivência e a reprodução da comunidade microbiológica responsável pela biodigestão do material orgânico, ocorrendo estabilização do resíduo. Segundo Caruso *et al.* (2019), neste processo de tratamento, as bactérias anaeróbias, que vivem em um ambiente desprovido de oxigênio, degradam a matéria orgânica presente, obtendo como subprodutos biogás e biofertilizante, que podem se tornar fonte de renda e agregar valor à avicultura, além de tornar a atividade um modelo de produção sustentável, pois o biogás pode ser convertido em energia elétrica, contribuindo para uma amortização dos custos da tecnologia instalada (SUZUKI *et al.*, 2014).

Além do biogás, obtêm-se o biofertilizante, que pode ser usado para vários fins, em diferentes tipos de solos, para diversas culturas vegetais e em diferentes estágios de desenvolvimento das plantas, para controle biológico de patógenos de vegetais, para controle de plantas daninhas e para recuperação de solos danificados. Segundo Colatto e Langer (2011), o processo de biodigestão estabiliza o efluente final (biofertilizante), fornecendo substrato com baixa relação carbono/nitrogênio devido à perda de carbono sob a forma de metano (CH<sub>4</sub>) e pH entre 6,5 e 7,5. O biofertilizante oriundo do processo de biodigestão apresenta todos os nutrientes presentes no dejetos fresco, mas exposto na forma estável e prontamente disponível para as plantas, sendo uma alternativa viável em relação aos fertilizantes minerais. O biofertilizante proveniente do processo de biodigestão possui todos os nutrientes presentes no

dejeito fresco, mas exposto na forma estável e prontamente disponível para as plantas (RÊGO *et al.*, 2021). De acordo com Silva e Abud (2017), o biofertilizante constitui um adubo orgânico com propriedades nutricionais que melhoram as características físicas, químicas e biológicas do solo, além realizar o papel de proteção às plantas contra pragas e doenças.

A biodigestão se apresenta como uma ótima alternativa para o tratamento da cama de frango, podendo colaborar com a amortização de parte do custo gerado com a produção avícola (BAYRAKDAR *et al.*, 2018). Esse é um processo pelo qual bactérias anaeróbias – bactérias que vivem num ambiente desprovido de oxigênio, no caso, o biodigestor - degradam a matéria orgânica presente, obtendo como subprodutos biogás e biofertilizante, que possuem alto valor agregado (PAULA JUNIOR, 2014; CARUSO *et al.*, 2019; PENTEADO *et al.*, 2021). Com a utilização dos subprodutos, biogás e biofertilizante, o avicultor conseguirá amortizar muitos de seus gastos, tornando-se, assim, mais competitivo, além de enquadrar-se nas exigências ambientais regionais. Ressalta-se ainda que, na biodigestão, os processos biológicos são favorecidos quando se têm temperaturas médias altas (FREITAS *et al.*, 2018). Considerando-se que as temperaturas anuais médias registradas na maior parte do território nacional são elevadas, tem-se que o processo de biodigestão anaeróbia é viável e aplicável durante todo o ano.

As fontes alternativas de energia têm sido um tema de investigação para pesquisadores em todo o mundo. Encontrar fontes de energia limpas, mais seguras e diversificadas pode ser uma estratégia bem-sucedida para reduzir e eliminar as emissões de gases de efeito estufa e atender às necessidades mundiais de energia (HAJJAJI *et al.*, 2016). O biogás produzido a partir da biodigestão da cama de frango pode ser aproveitado para o aquecimento dos pintinhos, por meio de simples queimadores a gás, que executam a combustão do biogás e, conseqüentemente, a produção de calor, imprescindível nas duas primeiras semanas do ciclo produtivo. Além disso, é necessária a implantação de geradores a biogás para promover o funcionamento dos sistemas de alimentação, iluminação e ventilação das granjas.

A fermentação de cama de frango é um processo rotineiro nas propriedades produtoras de aves, onde são formadas leiras com altura superior a 1 metro, fechadas e enlonadas após serem umedecidas, e deixadas em descanso por 7 dias para serem novamente reutilizadas no processo de criação de aves. O processo de fermentação proporciona maior segurança sanitária ao lote em criação (BADO, 2006).

A aplicação direta da cama de frango no solo, sem um tratamento apropriado, pode provocar eventos impactantes tanto no solo quanto nos corpos hídricos (PERONDI *et al.*, 2017), como já citado. Assim sendo, a expansão do setor avícola deve ser analisada tendo como foco os parâmetros de desempenho produtivo e bem-estar animal e também as questões ambientais ligadas à atividade, visando preservar o ambiente, visto que este resíduo apresenta alto potencial poluidor. A utilização destes métodos de tratamento permite um rápido e seguro destino aos resíduos da produção avícola, como no caso das carcaças de animais mortos. Se conduzido corretamente, reduz a emissão de odores e a contaminação das águas e destrói os agentes patogênicos, fornecendo como produto final um composto orgânico que pode ser empregado no solo sem risco ao meio ambiente (DE LUCAS JUNIOR; SANTOS, 2003).

A cama de frango *in natura* proporciona maior teor de nitrogênio total no solo, enquanto a cama de frango compostada propicia teor de carbono total e atributos físicos mais semelhantes às condições naturais. Esse processo baseia-se na fermentação aeróbica, na qual a matéria orgânica é degradada e transformada em um composto parecido com húmus (SARKAR *et al.*, 2010). Alguns autores sugerem que o enriquecimento da cama de frango pode atingir melhores resultados na compostagem. A adição de minerais durante a compostagem pode proporcionar um produto final de maior qualidade e uma gama maior de nutrientes (WANG *et al.*, 2019). A inoculação de microrganismos pode diminuir o tempo de compostagem, tornando o processo mais eficiente (YU *et al.*, 2018).

O descarte de forma correta dos resíduos é responsabilidade dos produtores e, devido aos problemas relacionados com esse processo, nos últimos anos, os produtores passaram a encaminhar seu produto orgânico para usinas de compostagem (CHIARELOTTO *et al.*, 2019). Assim, segundo a Lei 12.305/2005 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, as usinas passaram a ser responsáveis pelas coletas e tratamentos dos resíduos, além da venda do composto (COSTA *et al.*, 2017).

Dessa forma, programar e implementar soluções para o manejo adequado do resíduo é indispensável para assegurar a preservação ambiental em todo o país. A possibilidade de incorporar aos sistemas de produção animal – no caso dos frangos de corte - conceitos de desenvolvimento sustentável e preservação dos ecossistemas é algo necessário, de certa forma, até mandatório. A sustentabilidade dos mais variados sistemas de produção e as validações de tecnologias que diminuam os riscos ambientais são ações que cooperam para uma melhor

qualidade de vida não só dos produtores rurais, mas também de toda a sociedade (PURNOMO *et al.*, 2017). É necessário desenvolver um sistema de manejo adequado do resíduo avícola de tal modo que viabilize a aplicação na agricultura, mitigando os riscos ambientais.

### 3.3 Uso da cama de frango na fertilização de culturas

A elevação do custo dos fertilizantes comerciais e o aumento da poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa, do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de nutrientes, gerando aumento na demanda por informações com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas (SANTOS *et al.*, 2011). O Brasil importa grande parte dos fertilizantes minerais, e, visando diminuir essa dependência e otimizar a utilização de fertilizantes, deve-se atentar para alternativas de fertilização dos solos. Em muitas regiões, existe a possibilidade de aproveitamento de resíduos, os quais constituem opção interessante, quando bem utilizados. O uso de compostos orgânicos na agricultura ajusta a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2011).

Por ser rico em matéria orgânica e nutrientes para o sistema solo-planta, o composto originado da cama de frango apresenta os principais nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) em concentrações adequadas para atender ao desenvolvimento das plantas (SILVA *et al.*, 2011). Dessa maneira, os estudos sobre a utilização da cama de frango contribuem para um sistema de produção mais sustentável, tanto para o produtor e para a indústria quanto para uso na alimentação animal.

Na agricultura brasileira, o uso de adubos orgânicos, como cama de frango, tem se tornado alternativa interessante devido ao aumento da oferta. Por isso, os trabalhos realizados demonstrando a viabilidade da utilização da cama de frango como fertilizante são de suma importância (COSTA *et al.*, 2009). Esse fato, aliado ao aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental, gera um aumento na demanda por pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de resíduos orgânicos (MELO *et al.*, 2008). A dose de cama a ser recomendada deve levar em consideração as necessidades da cultura e as propriedades físicas e químicas do solo.

O esterco bovino e a cama de frango são resíduos orgânicos bastante empregados na agricultura, devido à riqueza em C e nutrientes, bem como aos seus efeitos benéficos nos atributos físicos, no aumento do teor de matéria orgânica do solo e no fornecimento de nutrientes. Em algumas situações, entretanto, a eficiência desses rejeitos como fonte de nutrientes é baixa em razão do manejo inadequado (coleta, armazenagem e formas de aplicação) e da ausência de critérios técnicos para subsidiar o estabelecimento das doses (PITTA *et al.*, 2012). O potencial de utilização desses resíduos na adubação das culturas depende da capacidade deles em disponibilizar nutrientes no momento adequado. Isso implica na necessidade de se conhecer a dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes neles contidos visando estabelecer estratégias que permitam sincronizar a liberação de nutrientes com a época de maior demanda pelas culturas, evitando, assim, a imobilização e/ou a rápida mineralização desses nutrientes às plantas.

Fioreze e Ceretta (2006) avaliaram a eficiência de alguns resíduos orgânicos em batata, e a cama de frango se mostrou melhor fonte de nutrientes às plantas que a cama de suínos. Os autores verificaram que a adubação com cama de frango resultou em teores mais elevados de N, P e K de 112, 24 e 87%, respectivamente, em relação à cama de suínos. Gianello e Ernani (1983), estudando doses crescentes de cama de frango, também constataram aumento dos teores de fósforo extraível com o aumento das doses do referido resíduo. Para que esta forma de adubação tenha sua eficiência atingida, os produtores devem se atentar ao tipo de sistema ao qual o adubo será destinado e também aos métodos utilizados durante o processo de sua obtenção.

Nutrientes prontamente disponíveis para as plantas, como no caso de adubos solúveis, minerais ou organominerais, têm o potencial de favorecer o início do desenvolvimento da cultura (MAGALHÃES; DURÃES, 2002). Adubos de maior solubilidade, como os adubos minerais, amplamente utilizados na agricultura comercial, disponibilizam mais rapidamente os nutrientes para as plantas, com consequentes resultados nas características morfológicas. A adubação orgânica é uma importante estratégia de manejo à conservação da qualidade do solo e do ambiente, com o incremento de carbono orgânico e nitrogênio total que esses resíduos podem disponibilizar (SHOWLER, 2016).

A deficiência de fósforo em solos tropicais é um fator limitante significativo para o desenvolvimento favorável de culturas (SANTOS *et al.*, 2011). Rochas fosfáticas utilizadas

como matéria-prima para a produção de fertilizantes fosfatados são um recurso natural não renovável (VACCARI, 2009). Portanto, novas fontes de P devem ser avaliadas na área agrônômica, assim como perspectivas ambientais e econômicas para complementar ou até mesmo substituir o uso de convencionais fertilizantes na agricultura (CORDELL *et al.*, 2009). O fósforo é o nutriente mais limitante para a produção agrícola por apresentar baixa mobilidade no solo (COSTA *et al.*, 2009), sendo também, frequentemente, o fator que restringe o crescimento de plantas. O efeito da cama de frango na disponibilidade de P constitui conhecimento básico e pode gerar informação útil para melhor manejo da adubação fosfatada nos solos do Cerrado. Em virtude das fontes de P possuírem baixa eficiência em solos tropicais, a adubação com cama de frango mostra-se, para as variáveis - altura das plantas, teores de P no solo antes do plantio e teores de P no solo após 45 dias do plantio - capaz de substituir a adubação química fosfatada.

O fornecimento dos nutrientes necessários às plantas, através de material orgânico, apresenta uma dinâmica diferenciada no solo quando comparado à adubação química. Este fato pode ser exemplificado pelo nitrogênio (N), que é um dos nutrientes mais exigidos pelas culturas. Quando este nutriente é fornecido pela adubação química, praticamente não deixa efeito residual; ao contrário, quando fornecido via adubação orgânica, apresenta efeito residual. O efeito residual de nutrientes caracteriza-se pela liberação gradual dos nutrientes para o solo e prolongação de todos os benefícios que o fertilizante possa proporcionar a longo prazo. No estágio juvenil, a demanda de N é muito elevada, e a maior absorção e assimilação de N é aceita como uma das principais causas da resposta em crescimento (VAZ; GONÇALVES, 2002).

A Fixação Biológica de Nitrogênio na cultura da soja é bastante complexa devido às diversas interações entre a planta e a bactéria fixadora. Dependendo da espécie vegetal, a disponibilização de nitrogênio para as culturas ocorre de formas diferenciadas (FANGAN *et al.*, 2007). Para a soja, são utilizados necessariamente 80 kg de nitrogênio (N) para cada 1.000 kg de produção. Quando se trata do primeiro cultivo de soja, recomenda-se a utilização dupla a tripla da dose de inoculante, favorecendo os resultados de produção com um aumento de até 20 sacas por hectare (BROCH; RANNO, 2011). Com a escassez de N, a planta sofre algumas patologias: clorose total das folhas velhas, por efeito da inferior elaboração de clorofila, continuada por necrose; e valores proteicos menores nos grãos (EMBRAPA, 2010).

Os resultados distintos em relação aos adubos utilizados e diferenças entre as taxas de crescimento são justificados pelas diferentes taxas de liberação de nutrientes destas adubações - fator relacionado à composição do material orgânico utilizado (LEITE *et al.*, 2003). Outro aspecto, de acordo com Azeez *et al.* (2010), pode estar relacionado com as diferentes origens dos adubos, pois os tratamentos a que cada grupo animal foi submetido resultarão em respostas diferenciadas, sendo que o animal produzirá, como resultado de sua alimentação, esterco com diferentes qualidades.

As modificações decorrentes da adubação orgânica nas propriedades físicas e químicas do solo podem influenciar de forma positiva a produtividade das plantas, justificando sua utilização. Esse tipo de adubação vem tomando espaço perante alguns tipos comerciais convencionais, principalmente na agricultura familiar; porém, são necessários mais estudos para avaliar seu real efeito frente às diferentes espécies.

A disposição agrícola consiste em uma maneira de recuperar o solo por meio da adubação, que é um processo economicamente viável e sustentável, auxiliando no sequestro de carbono pelo solo e sendo um meio de aliviar o aumento da emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, o qual tem como fontes a queima de combustíveis fósseis e as práticas agrícolas (SILVA *et al.*, 2020). Estudos visando ao desempenho de plantas de interesse comercial, como o milho e soja, associados a diferentes formas de adubação, inclusive com aproveitamento de resíduos orgânicos, tornam-se essenciais para avaliação do potencial de utilização destes resíduos na agricultura e o entendimento da melhoria dos sistemas sustentáveis de produção.

Para a utilização da cama de frango como adubo, é necessária a análise dos efeitos deste composto, pois compostos instáveis e imaturos podem afetar a germinação de plantas, além de provocar efeitos negativos no crescimento destas e na qualidade do solo. É preciso observar a qualidade dos compostos, e o índice de germinação é comumente empregado para se observar a toxicidade de amostras sólidas, por exemplo, resíduos ou composto. Esses testes permitem a verificação da fitotoxicidade (KOMILIS *et al.*, 2009). Segundo Oliveira e Pedrinho (2018), a adubação que não demonstrou eficiência em nenhuma luminosidade foi a cama de frango e o esterco de coelho, sendo que, em relação à cama de frango, a concentração (20%) foi muito alta. De acordo com Rogeri *et al.* (2015), quando seu uso ocorre sem o material estar totalmente estabilizado, ou seja, quando o composto já está apto a ser utilizado, pode causar

efeitos adversos à cultura e ao ambiente, inibindo o crescimento das plantas. Esses resultados estão relacionados ao fato de que esse tipo de composto apresenta uma pequena fração de fácil biodegradação, se comparado a outros tipos, resultando na necessidade de um tempo maior para liberação de nutrientes no solo (ZHANG *et al.*, 2018).

O potencial de utilização dos resíduos da produção avícola na adubação das culturas depende da capacidade deles em disponibilizar nutrientes no momento adequado (AZEER; VAN AVERBEKE, 2010). As áreas com cultivos de subsistência, como milho, feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), feijão caupi (*Vigna unguiculata*), fava (*Vicia faba*), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (SABOURIN *et al.*, 2000), arroz (*Oryza sativa*) (KIM *et al.*, 2014) e melancia (*Citrullus lanatus*) (YANG *et al.*, 2016), podem receber aplicações anuais ou em anos alternados; porém, as aplicações dependem de vários atributos, como a classe textural do solo (FÁVERO, 2012).

O milho (*Zea mays* L.) e a soja (*Glycine max* L.), em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constituem dois dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no Planeta. A dose de cama a ser recomendada para estas culturas deve levar em consideração as necessidades das culturas e as propriedades físicas e químicas do solo. Na soja, observou-se uma resposta do composto até a dosagem de 8 t ha<sup>-1</sup> e, na cultura do milho, dosagens como 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup> (FELINI *et al.*, 2011).

O milho pertence à família Poaceae, uma espécie anual com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente. Para expressão de seu máximo potencial produtivo, a cultura requer temperaturas altas (24 a 30 °C), radiação solar elevada e adequada disponibilidade hídrica do solo (NUNES, 2016). Constitui-se como uma cultura marcante no Brasil, possuindo o segundo lugar como o cereal mais produzido no país, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2019). Além da importância do cultivo de milho em termos de produção, a cultura se destaca pela diversa utilidade que possui. Além de ser empregado na alimentação humana e animal de maneira direta, é possível produzir uma infinidade de produtos, tais como bebidas, polímeros, combustíveis etc. (MIRANDA, 2018). O milho tem importância econômica e também estratégica, devido às mais variadas maneiras de uso deste cereal, por exemplo, como insumo na produção de proteína animal. Além disso, tem grande

participação na alimentação humana e, ainda, na produção de biocombustíveis (CONAB, 2015).

De acordo com o *United States Department of Agriculture - USDA* (2018), apenas os Estados Unidos e a China, juntos, representam 58% da produção de milho em todo o mundo. Somando-se Brasil e União Europeia aos EUA e China, estes países são responsáveis por 72% da produção global. A safra de milho em todo o mundo subiu de 591 milhões para 1 bilhão de toneladas desde as safras de 2000 até 2018, representando um aumento de 82% na área. Um dos motivos desse aumento é o uso do grão na constituição de ração animal na produção de frangos e suínos (CONTINI *et al.*, 2019). Os dados evidenciados pela CONAB (2019) sobre o primeiro levantamento de safra de grãos do ano de 2019 para 2020 revelam que a produção no Brasil está em cerca de 245 milhões de toneladas, revelando um acréscimo de 1,6% em comparação aos dados de 2018/19, tornando-se um recorde. Segundo a CONAB (2017), no Brasil, o milho é cultivado, geralmente, em dois períodos no ano, sendo denominados de safra e safrinha, resultado da entressafra. Tal cultura é de evidente importância para a economia no Brasil por sua grande contribuição neste cenário.

A produção brasileira de milho de 1ª safra totalizou 25.689.600 toneladas na safra 2019/2020, com aumento de 0,2% sobre a safra anterior (CONAB, 2020). A elevação do custo dos fertilizantes comerciais e o aumento da poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico e ambiental em razão da ciclagem de nutrientes e aproveitamento gradual destes (KANTER, 2018). Esses fatos geram um aumento na demanda por informações com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em diferentes tipos de solos e culturas agrícolas (BOGUSZ; OLESZCZUK, 2018). Esse aproveitamento é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, em áreas de agricultura familiar em várias regiões brasileiras (MENEZES; SALCEDO, 2007).

Bastos *et al.* (2010) evidenciam que solos pouco férteis se tornam problemáticos para alcançar produtividades mais elevadas, pois vegetais como o milho, que têm um desenvolvimento mais intenso e ciclo curto, possuem como um de seus maiores requisitos taxas de fósforo em solução e mais rápida reposição de fósforo que é adsorvido, em comparação com os vegetais perenes. Fernandes *et al.* (2013) explicitam que os solos tropicais são, predominantemente, de pH ácido e fósforo pouco disponível, constituindo-se como um fator

que limita a produção. Ainda sobre nutrientes requisitados à cultura do milho, Lana *et al.* (2014) notabilizam que o fósforo (P) é um nutriente requisitado em níveis baixos, no entanto, nos solos brasileiros. Tal nutriente é utilizado em níveis maiores em razão de ser pouco disponível nestes solos e também pelo fato de haver uma reação que é causada por esse nutriente com outro fosfatado, atuando na formação de compostos pouco férteis num processo intitulado “fixação do fósforo”.

Okumura (2011) explica que o nitrogênio é uma substância que, geralmente, é exigida em maior teor pelas culturas, sendo que, em razão de seu efeito residual em níveis baixos, torna-se mais difícil mantê-lo no solo ao alcance das raízes. Em razão desta situação, faz-se necessária a adubação para que se possa alcançar resultados mais significativos na cultura. Já Rocha (2010), em seus experimentos utilizando níveis diferentes de nitrogênio (N), conseguiu obter uma produção de palhada de 12.300 quilogramas, com a aplicação de 162 quilogramas por hectare. Nesse sentido, o potássio, após o nitrogênio, é o nutriente absorvido em maior contingente pelas plantas. Tal nutriente possui grande importância na cultura do milho, tendo ação positiva no peso dos grãos e em sua quantidade por espiga. Mesmo não constituindo, diretamente, parte de nenhum composto dentro dos vegetais, torna-se importante pela participação em processos bioquímicos (SILVA *et al.*, 2011).

A soja (*Glycine max* L.), pertencente à família Fabaceae, é de grande relevância. Com origem asiática, essa cultura é herbácea e anual. Suas folhas são trifoliadas, com exceção do primeiro par de folhas simples, localizado no nó acima do nó cotiledonar, e suas flores são autóгамas, na coloração roxa, branca ou intermediária. Cultivada para a produção de grãos, rende vagens com uma a três sementes e possui altura variada conforme as circunstâncias do ambiente e do seu cultivar. É preferível que a soja apresente estatura entre 60 e 110 cm, uma vez que facilita colheitas mecânicas, contendo o acamamento (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2008).

No Brasil, é cultivada na maioria da extensão nacional (mais de 56% da área). Estimada pela CONAB (2017), a safra brasileira de 2016/2017 atingiu a marca de 113,93 milhões de toneladas, representando 48,58% da produção total de grãos. A maior parte da produção designa-se à consumação animal, mediante farelo de soja, e à consumação humana, mediante o óleo vegetal refinado e outros vários produtos derivados da cultura, em consequência do elevando teor de proteínas nos grãos (BLANCO, 2015). A soja contém

quantidades significantes de todos os aminoácidos essenciais para os humanos, além de ser uma ótima fonte de proteínas e óleos vegetais. Uma dieta baseada nesta cultura pode auxiliar em: efeito hipocolesterolêmico e anticancerígeno, diminuição do risco de osteoporose, proteção contra doenças cardiovasculares, alívio dos sintomas da menopausa e de doenças renais, além de ser benéfica contra diabetes (KANCHANA; SANTHA; RAJA, 2015).

A produção de soja *Glycine max* (L.) Merrill no país é, muitas vezes, limitada pelos altos custos de produção, sendo que, entre os insumos, o fertilizante é o mais oneroso, com participação na ordem de 23 a 27% no custo total de produção, variando a cada safra (MENEGATTI; BARROS, 2007). A soja é a principal cultura do Brasil, com 36 milhões de hectares cultivados na safra 2018/19, produzindo um total de 115 milhões de toneladas, resultando em um rendimento médio real de 3.206 kg/ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2020). Quando o solo não se mostra apropriado para o cultivo da soja, apresentando falta de nutrientes requeridos, ou quando esses nutrientes são removidos pela cultura, surge a necessidade de se realizar a adubação por meio do emprego de fertilizantes (BLANCO, 2015).

A produção de soja é impulsionada por um aumento constante da demanda devido ao aumento da população mundial, associado ao uso múltiplo desta cultura, como ração humana e animal e produção de biodiesel (WU *et al.*, 2018). A alternativa principal de manter a oferta de soja é intensificar a produção por área (DAVIS *et al.*, 2016), reduzindo, assim, as pressões sobre áreas naturais, como o bioma Cerrado. Também diminuíram os custos de fertilizantes ao se desenvolver métodos para inocular sementes de leguminosas com rizóbio, um tipo de bactéria que coloniza as raízes de certas plantas, como soja, promovendo a fixação de nitrogênio (TOLLEFSON, 2010).

O fósforo é o principal nutriente limitante para os produtos agrícolas nesta região. No entanto, o manejo correto e contínuo da fertilidade do solo e a adoção de práticas que promovam melhor eficiência de fertilizantes, como plantio direto, têm levado ao aumento da disponibilidade de P em todas as áreas. Dessa forma, é interessante a utilização de compostos na adubação de soja, substituindo, assim, a adubação química pela orgânica.

Considerando a grande importância da soja para o agronegócio brasileiro e o efeito negativo que o uso de cama de frango sem tratamento prévio pode desencadear sobre os vegetais, justificam-se os trabalhos que objetivam verificar uma possível fitotoxicidade em

sementes de soja tratadas com compostos orgânicos de cama de frango via análises de germinação das sementes e o desenvolvimento inicial de plântulas.

### 3.4 Microrganismos amonificantes

Os efeitos das práticas de manejo nos teores de matéria orgânica do solo são amplamente mediados pela comunidade microbiana, que atua como agente de transformação da matéria orgânica na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (MERCANTE *et al.*, 2004). Atualmente, as práticas agrícolas que melhoram a sustentabilidade e a qualidade do solo têm recebido crescente atenção dos pesquisadores e produtores. As bactérias aeróbias são a maioria no sistema de um solo, mas, devido às condições anaeróbias do solo compactado, são reduzidas em virtude da competição com microrganismos anaeróbios e anaeróbios facultativos (SYLVIA *et al.*, 1998). A composição da comunidade microbiana também pode ser alterada, pois os grupos de microrganismos podem ser afetados de maneiras diferentes pelas práticas agrícolas de manejo. Além disso, as enzimas e as atividades microbianas do solo são sensíveis a mudanças bruscas no ambiente (BERGSTROM *et al.*, 1998).

Uma relação C/N excessivamente alta priva o sistema de nitrogênio elementar para sustentar a biomassa celular e causa decomposição acelerada de nitrogênio por microrganismos, o que leva a uma produção de biogás significativamente reduzida. Um sistema com uma relação C/N extremamente baixa, por outro lado, enfrenta o risco de inibição de amônia (HAKIMI *et al.*, 2021). O nitrogênio é produzido, principalmente, pela degradação dos tecidos da carcaça no processo de compostagem. O nitrogênio orgânico contido nos resíduos orgânicos pode ser degradado em amônia através da amonificação. Uma parte da amônia é perdida como  $\text{NH}_3$  por volatilização, enquanto outra parte é perdida como  $\text{N}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$  ou transformada em nitrato e nitrito por nitrificação. O nitrato também pode ser transformado em nitrito, que é parcialmente transformado em  $\text{NO}$  e, posteriormente, convertido em  $\text{N}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$  por meio da desnitrificação (MAEDA *et al.*, 2011). Todas essas perdas de nitrogênio diminuem a qualidade dos produtos compostados como fertilizantes.

Amonificantes, nitrificantes, desnitrificadores e fixadores de nitrogênio desempenham um papel vital no processo de transformação de nitrogênio via amonificação, nitrificação, desnitrificação e fixação de nitrogênio (KUYPERS *et al.*, 2018). Os

microrganismos amonificantes possuem um papel fundamental no solo no ciclo do nitrogênio, transformando formas como N-amoniaco em nitrato, resultando em sua disponibilidade para o solo e possibilitando a absorção pela planta. O aumento da matéria orgânica no solo deve conduzir a um aumento da atividade microbiana. Os microrganismos estão diretamente envolvidos nos ciclos dos nutrientes no solo; logo, o processo de mineralização do nitrogênio é resultante da degradação de formas orgânicas do elemento, decorrente da atividade desses microrganismos, desempenhando um importante papel no ciclo do nitrogênio (VICTORIA *et al.*, 1992). Assim, a quantificação de microrganismos amonificadores pode fornecer uma indicação do potencial do solo em converter nitrogênio orgânico em mineral, dando início ao processo de mineralização do nitrogênio.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

##### **4.1 Localização do experimento**

Os experimentos foram conduzidos na casa de vegetação do Laboratório de Biotecnologia Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí. O experimento com os vasos transcorreu entre os meses de dezembro de 2021 e janeiro de 2022.

##### **4.2 Análises do solo**

A amostragem do solo para os testes no experimento com vasos foi feita com solo de barranco coletado no IFMG - *Campus* Bambuí. Efetuou-se a amostragem em 5 pontos da área com o auxílio de um calador, retirando-se 20 cm de solo de cada ponto, homogeneizando-os. Esta amostra foi identificada, armazenada em saco plástico e encaminhada ao laboratório (LABRAS- Goiás) para avaliação física e química do solo.

Foram realizadas as seguintes análises físicas do solo: densidade, volume de sólidos e poros, capacidade de retenção de água e espaço de aeração, pH e teores de micro e macronutrientes do solo utilizado no experimento.

### 4.3 Cama de frango

A cama de frango utilizada no experimento foi coletada na Empresa Avivar Alimentos Ltda., localizada na região Sul-Oeste de Minas Gerais, na cidade de São Sebastião do Oeste. Sua composição inicial era a casca de arroz e casca de amendoim para forração dos galpões.

A cama de frango foi coletada em uma única propriedade da empresa, e o material foi direcionado para duas formas de armazenamento. A primeira parte da amostra foi coletada, armazenada e fechada, sendo direcionada para refrigeração para que fosse utilizada sem o processo de fermentação, ou seja, *in natura*. Essa amostra foi separada e identificada como cama de frango sem fermentação (CSF). Para garantir que não houvesse fermentação, foi armazenada em um balde hermeticamente fechado e encaminhada para refrigeração, mantida por 15 dias na temperatura de 17 °C.

A segunda parte da amostra foi coletada e armazenada em um balde vedado, colocado em temperatura ambiente por 15 dias, tempo estimado para manter a cama em fermentação, considerando-se o tempo em que os produtores devem desenvolver este processo de acordo com procedimentos operacionais padrões da empresa, para sua reutilização em próximas criadas. A segunda parte da coleta da cama de frango foi identificada como cama de frango fermentada (CFF), armazenada em um balde hermeticamente fechado, sem entrada de ar, armazenado em temperatura ambiente, a fim de simular a fermentação com tempo necessário para reproduzir o procedimento que ocorre no campo. A cama de frango foi disposta em leiras por toda a extensão do galpão, cobertas com lona para permitir o processo de fermentação anaeróbia, durante 15 dias.

Ambas as coletas foram efetuadas após a saída das aves para o abate. As amostras de cama de frango foram coletadas após a saída dos frangos para o abate e na 3ª reutilização da cama no galpão de criação. Foram considerados para a coleta da cama de frango 5 pontos distintos do galpão, por toda a sua extensão. Na propriedade, são criados frangos de corte da linhagem Cobb.

#### 4.4 Tratamentos e condução do experimento

A dose utilizada no experimento foi de 21 ton/ha, misturada ao solo coletado e analisado previamente ao experimento em vasos. Para estabelecer a dose de composto a ser utilizada no experimento, tomaram-se como base os trabalhos de Silva *et al.* (2011), nos quais doses de 21 ton/ha de cama de frango aplicadas em plantas cultivadas apresentaram melhor produção quando se trata de massa e maiores plantas ao final do experimento.

O delineamento experimental foi de blocos inteiramente casualizados com três tratamentos: Tratamento 1 (Testemunha-solo sem adição de cama de frango); Tratamento 2 - CFS (solo com adição de cama de frango *in natura*); e Tratamento 3- CFF (solo com adição de cama de frango fermentada). Cada parcela experimental consistiu em 14 vasos, e o experimento, em 10 (sementes/vaso) repetições. A Figura 1 mostra a disposição dos 3 tratamentos criados para o experimento, dispostos próximos uns aos outros para garantir um mesmo microclima na casa de vegetação entre os blocos.

Figura 1 – Blocos de tratamentos em casa de vegetação.



Fonte: Autor (2022)

A mistura do solo com a cama de frango foi feita primeiramente com a pesagem de cama de frango utilizada nos tratamentos. Em seguida, foram dispostos o solo e a cama de frango em uma lona para ser feita a mistura, para garantir homogeneidade (Figura 2), sendo que a mistura foi efetuada com o auxílio de uma pá. Após finalizar a mistura para os tratamentos, encheram-se os vasos. As sementes utilizadas para o experimento foram a soja *cultivar 8473 RSF – Desafio* e milho *B2782pwu* (Figura 3).

Figura 2 – Mistura do solo com cama de frango após homogeneização.



Fonte: Autor (2022).

Figura 3- Sementes de milho e soja utilizadas no experimento, separadas e selecionadas para garantir a qualidade da germinação e crescimento das plantas.



Fonte: Autor (2022).

O plantio das sementes foi realizado considerando-se o espaçamento entre as sementes e em covas com profundidade de 3 cm, com o auxílio de uma caneta (Figura 4). Em seguida, as sementes foram inseridas e devidamente cobertas. A Figura 5 mostra o momento de plantio das sementes de milho e de soja.

Figura 4 – Disposição das covas com padrão de distância e profundidade de 3 cm.



Fonte: Autor (2022).

Figura 5 – Disposição das sementes, totalizando 10 sementes plantadas para cada vaso.



Fonte: Autor (2022)

Após o plantio, os vasos foram devidamente regados todos os 35 dias do experimento, sempre durante o período da manhã, com auxílio de uma mangueira para irrigação, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Rega dos vasos com auxílio de uma mangueira em casa de vegetação.



Fonte: Autor (2022).

Foi realizada a quantificação de microrganismos amonificantes pelo Número Mais Provável (NMP) nas amostras de solo, de acordo com protocolo do laboratório (LABRAS-Goiás). O NMP é uma técnica que permite avaliar estatisticamente a quantidade de microrganismos presentes em uma amostra e estimar a proporção viável metabolicamente ativa. Essa técnica pode ser utilizada para estimar a população total ou de um grupo específico de microrganismos.

## 5 RESULTADOS

O estudo demonstrou que o uso da cama de frango para adubação das culturas de soja e milho, na concentração utilizada e com a metodologia empregada, provoca o enriquecimento a nível de nutrientes dos solos (macronutrientes e micronutrientes), garantindo teores elevados para o cultivo de milho e soja, em comparativo com a testemunha, que não passou por nenhum tipo de adubação ou inclusão de composto. Ressalta-se ainda que a coleta da amostra para envio ao laboratório foi feita após a remoção do conteúdo de todos os vasos de cada um dos tratamentos separadamente, misturando-o e sendo feita uma coleta considerando-se a totalidade do solo em cada um dos tratamentos.

A Tabela 1 apresenta os dados referentes à análise do solo dos tratamentos-testemunha com cama de frango fermentada (CFF) e cama de frango *in natura* (CSF). Dentre os resultados mais importantes, nota-se que o pH ficou mais alcalino no tratamento CSF e os teores de K e Mg foram maiores. No entanto, o teor de P foi maior no tratamento CFF.

Tabela 1 –Análise do pH e macronutrientes do solo dos tratamentos do experimento.

Amostra	pH	P (melh)	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	H <sub>2</sub> O	mg/ dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>		
<b>CFF</b>	7,7	170	3,24	5,17	1,39	0,09	1,00
<b>CSF</b>	8,4	165,1	4	5,29	1,62	0,0	0,80
<b>Testemunha</b>	5,4	62,5	0,21	1,78	0,36	0,02	1,60

As Tabelas 2 e 3 apresentam dados referentes às relações entre bases trocáveis de macronutrientes. Foram identificados maiores valores no Tratamento CFF para os parâmetros m, Ca/T, H + Al/T, Ca/Mg, Ca/K e Ca=Mg/K. Já o Tratamento CSF revelou valores maiores em SB, t, T, V, M.O., m, C.O, K/T.

Tabela 2 –Análise dos macronutrientes do solo dos tratamentos do experimento.

Amostra	Ca/T	Mg/T	K/T	H+Al/T	Ca+Mg/T	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca=Mg/K
	Relação Entre Bases (T) %				Relação Entre Bases				
<b>CFF</b>	48	13	30	9	61	3,70	1,6	0,4	2,0
<b>CSF</b>	43	13	37	6	56	3,30	1,2	0,4	1,5
<b>Testemunha</b>	45	9	5	40	54	5	8,3	1,7	10

Onde: S: Soma de bases; t: Capacidade de troca de cátions efetiva; t: CTC Efetiva; T: Capacidade de troca de Cátions a pH 7; V: Porcentagem de saturação por bases.

Tabela 3 –Análise das características do solo dos tratamentos do experimento.

Amostra	SB	t	T	V	m	M.O	C.O.
	cmolc/dm <sup>3</sup>		%		Dag/Kg		
<b>CFF</b>	9,8	9,8	10,8	91	1	2,4	1,4
<b>CSF</b>	11,4	11,47	12,27	94	0	2,8	1,6
<b>Testemunha</b>	2,35	2,37	3,95	5,9	1	0,8	0,5

Onde: SB: Soma de bases trocáveis; m: Porcentagem de saturação por alumínio; M.O: Matéria orgânica; C.O: Carbono orgânico.

A Tabela 4 apresenta os dados referentes aos teores de nutrientes nas amostras de solo, bem como a sua caracterização física.

Tabela 4 –Análise do solo dos tratamentos do experimento com relação aos teores de micronutrientes e caracterização do solo.

Amostra	P(rem)	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N	Areia	Argila	Silte	Tipo de Solo	Classificação do solo
	Mg/L			Mg/dm <sup>3</sup>				Dag/Kg = %				
<b>CFF</b>	11,1	1,14	1,4	24	40,6	17,1	0,41	80	820	100	-	Muito argiloso
<b>CSF</b>	6,2	1,4	0,9	130	58,2	25,8	0,37	130	795	75	-	Muito argiloso
<b>Testemunha</b>	3,9	0,09	0,2	14	4,9	0,8	0,32	80	50	870	-	Muito argiloso

Observou-se que os dois tratamentos (CSF e CFF) em que foi utilizado o resíduo aviário não apresentaram crescimento de nenhuma das sementes cultivadas, após 7 dias de observação da primeira planta germinada do experimento, que foi no tratamento-testemunha. Sendo assim, a taxa de germinação dos grupos experimentais com cama de frango (CFS e CFF) foi 0%, enquanto na Testemunha notou-se uma taxa de germinação de 100% das sementes (Figura 7).

Figura 7- Visualização da germinação de soja e milho dos vasos dos três tratamentos.



Onde A: Tratamento CFF; B: Tratamento CSF; C: Tratamento-testemunha/Milho; D: Tratamento-testemunha/Soja. Fonte: Autor (2022).

A Tabela 5 mostra o Número Mais Provável de microrganismos amonificantes em cada um dos três tratamentos. Quanto maior o número destes microrganismos no solo, maior seu potencial em converter nitrogênio orgânico para nitrogênio inorgânico, conferindo às plantas a disponibilidade de absorção.

Tabela 5 – Quantificação de microrganismos amonificantes pelo Número Mais Provável (NMP) no solo dos três tratamentos experimentais.

<b>Amostra</b>	<b>NMP* células/g de solo</b>
Solo-testemunha	4,62 x 10 <sup>9</sup>
Solo com cama <i>in natura</i>	2,15 x 10 <sup>9</sup>
Solo com cama fermentada	9,32 x 10 <sup>8</sup>

\*NMP: número mais provável

O solo-testemunha apresentou maior quantidade de microrganismos amonificantes. Na cama *in natura*, observou-se um decaimento das quantidades de microrganismos presentes em relação ao solo-testemunha. No caso da cama fermentada, verificou-se que a quantidade de microrganismos amonificantes do solo reduziu de forma brusca, sendo solo do tratamento com menor quantidade destes microrganismos.

## 6 DISCUSSÃO

Dentre as formas de utilização do composto avícola, está a sua disposição direta na cultura. O presente estudo analisou o efeito da utilização da cama de frango diretamente sobre a cultura de milho e soja para fornecer informações acerca da fitotoxicidade, a partir do índice de germinação, e as mudanças que sua utilização acarreta no solo.

O modelo de economia circular minimiza o desperdício por meio da reciclagem e regeneração de recursos, o que resulta em uma produção mais limpa (LACY; RUTQVIST, 2016). Diferentes métodos de tratamento de cama de frango geram resultados de economia circular. A cama de frango é um resíduo orgânico que pode ser empregado na agricultura, devido aos altos teores de carbono e nutrientes, bem como aos seus efeitos benéficos nos atributos físicos, aumento do teor de matéria orgânica do solo (SILVA *et al.*, 2020) e fornecimento de nutrientes às plantas (PITTA *et al.*, 2012). Porém, a prática da utilização direta dos resíduos avícolas como fertilizante orgânico no solo pode colocar em risco o meio ambiente (TAŃCZUK *et al.*, 2019), o que foi reafirmado no presente trabalho. Ademais, a busca por formas de destinação correta deste resíduo é importante para a redução da utilização de produtos químicos na adubação e melhoria das condições ambientais dos aviários (GUIMARÃES *et al.*, 2016).

Dentre as vantagens relatadas com a adubação a partir de elaborados orgânicos, está a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (MELO *et al.*, 2009; MA *et al.*, 2019), resultados verificados no presente estudo. O composto proporciona ao solo o aumento da matéria orgânica e do pH e a diminuição do teor de alumínio trocável, resultando na minimização dos efeitos tóxicos nas plantas causados por esse íon (BRATTI, 2013). No entanto, o que pôde ser observado nos resultados apresentados foi a tendência na alcalinização do solo em que os compostos foram aplicados, já sendo um indício da ausência de germinação nestes tratamentos devido à alteração de pH nos tratamentos CFF e CSF. Estudos desenvolvidos por Canellas *et al.* (2003) mostraram que adições de resíduos orgânicos podem resultar no incremento do teor de matéria orgânica, alterando os atributos físicos do solo, como agregação de partículas. Tal fato pôde ser verificado na classificação do solo do estudo como muito argiloso, após a aplicação de composto, indicando que o tratamento não alterou a estrutura física do solo, permanecendo muito argiloso.

Tessaro *et al.* (2015), ao avaliarem a biodigestão de cama de frango, variando a presença de resíduo e água, concluíram que o biofertilizante apresentou macro e micronutrientes assimiláveis por vegetais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, boro, cobre, zinco e manganês. Kiehl (1985) afirma que as aplicações de adubos orgânicos ao longo de um período podem influenciar significativamente os teores de micronutrientes do solo, proporcionando maior facilidade para que esses nutrientes sejam disponíveis para a planta e em um espaço de tempo menor. Essas modificações também foram observadas nos macros e micronutrientes dos solos com adição de cama de frango em comparação com o tratamento-testemunha.

O P foi o elemento com aumento mais significativo após os tratamentos, fato já relatado na literatura. Ernani (1983), ao avaliar doses crescentes de cama de frango na adubação, também constatou elevação dos teores de fósforo extraível com o aumento das doses do referido resíduo. Esse incremento é importante, visto que os solos tropicais úmidos se caracterizam pelo elevado grau de intemperismo e pelos baixos teores de P na forma disponível às plantas, e o elemento está localizado, preferencialmente, nos horizontes superficiais, decrescendo conforme aumenta a profundidade do solo (ROCHA *et al.*, 2005). Assim, nesses solos, o fósforo é o nutriente mais limitante para a produção agrícola (LÓPEZ-BÚCIO *et al.*, 2000). Portanto, o efeito da cama de frango na disponibilidade de P constitui informação útil nos estudos sobre manejo da adubação fosfatada nos solos.

A eficiência dos resíduos orgânicos como fonte de P pode ser diferente dos adubos fosfatados solúveis, pois parte do P total contido nesses resíduos ocorre em formas sólidas, minerais ou orgânicas que não se solubilizam ou mineralizam durante o período de absorção pelas plantas. De acordo com as observações de Branco *et al.* (2001), há a necessidade da presença de ácidos orgânicos ou de um baixo pH no solo para que seja possível reduzir a fixação do fósforo pelas partículas de solo, aumentando a disponibilidade deste elemento. De acordo com os autores, é conhecido o fato de que, em presença de matéria orgânica, os fosfatos insolúveis do solo tendem a tornar-se disponíveis, provavelmente por atividade microbiana saprofítica possibilitada pela existência de alimento orgânico, ou seja, havendo excesso de nutriente orgânico, os microrganismos decompositores recorrem a estratégias particulares para liberação dos fatores que se tornam limitantes, ou seja, o carbono orgânico presente fornece

energia necessária à disponibilização do fósforo, permitindo, assim, o prosseguimento do ciclo nutricional que, de outra forma, seria interrompido.

O fósforo é o principal nutriente limitante para os produtos agrícolas nesta região. Isso comprova que a adubação orgânica é uma importante estratégia de manejo à conservação da qualidade do solo e do ambiente, com o incremento de carbono orgânico e nitrogênio total que esses resíduos podem disponibilizar (SHOWLER, 2016). Logo, como o pH no presente estudo tendeu à basofilia, mesmo o teor de P sendo quantitativamente elevado, é possível que o elemento não estivesse biodisponível para sementes. Além disso, alguma substância química poderia estar presente na cama de frango, ou, ainda, ter sido usado algum antibiótico na criação de aves que não foi avaliado no presente estudo.

O material compostado proporciona ao solo o aumento da matéria orgânica e do pH e a diminuição do teor de alumínio trocável, resultando na minimização dos efeitos tóxicos nas plantas causados por esse íon (BRATTI, 2013). Ainda assim, houve toxicidade para as sementes, e, de acordo com Cerri *et al.* (2008), a fitotoxicidade ocasionada pelo uso de um composto é sinal de que este pode não ter sido totalmente curado, estando imaturo para aplicação ou possuindo agentes tóxicos à planta. Negro *et al.* (2000) alegam que a utilização de um composto imaturo no solo pode ser responsável pela diminuição substancial de oxigênio, acarretando o surgimento de zonas anaeróbicas e altamente redutoras. Além disso, os autores adicionam que este fator, aliado às altas temperaturas, causa o impedimento da germinação ou do desenvolvimento da planta. A metodologia deste estudo seguiu o que acontece no dia a dia nas pequenas propriedades, e os resultados reforçam a necessidade de tratamento prévio da cama de frango além da fermentação, ou prolongar o período de fermentação do composto na tentativa de eliminar fitotoxicidade, ou testar diferentes concentrações de composto nas culturas.

No presente trabalho, observou-se aumento de P, K, Ca, Mg, SB, CTC(t) e V com uso de cama de frango e que o emprego de esterco animais pode favorecer a infiltração e a absorção da água, aumentando a capacidade de troca de cátions dos solos (HOFFMANN *et al.*, 2001). Entre outros atributos, ressalta-se a redução na capacidade máxima de adsorção de P (SOUZA *et al.*, 2006). Andreola *et al.* (2000), estudando adubações orgânica e mineral, observaram que o uso de esterco de aves proporcionou acúmulo de K, o que corrobora Moreti *et al.* (2007), que constataram que esterco de galinha foi o que mais contribuiu para a melhoria

dos atributos químicos do solo. Por outro lado, é importante atentar quanto ao desequilíbrio de nutrientes na constituição dos resíduos orgânicos, em comparação às necessidades das culturas (WESTERMAN; BICUDO, 2005). Esse material ainda apresenta capacidade de aumentar a estabilidade de agregados, o que contribui para elevação da porosidade e melhoria na estrutura do solo (BARZEGAR *et al.*, 2002). Comparados com fertilizantes minerais solúveis, são menos reativos no solo, mas podem ter maior eficiência agrônômica porque sua solubilização gradual permite a liberação de nutrientes durante o desenvolvimento da cultura (KIEHL, 2008).

Os solos do Cerrado têm baixo pH, baixa capacidade de troca catiônica, baixo teor de nutrientes, alta capacidade de fixação de P e alta saturação de Al trocável (LEAL; VELLOSO, 1973). Devido ao processo de formação, a acidez do solo possui origem natural, sendo que, quando o pH do solo está baixo, diminui-se a disponibilidade de alguns nutrientes, como o fósforo e o molibdênio. Amenizam-se os problemas de um solo ácido com a majoração do pH até valores adequados às plantas, contribuindo com a disponibilidade de nutrientes e neutralizando o alumínio tóxico (BROCH; RANNO, 2011). O pH é também um fator que influencia na comunidade de microrganismos, sendo que pH de 7,0 a 8,0 é ideal para compostagem; já pH ácido inibe a atividade microbiana (CHAN *et al.*, 2016). Com o aumento da poluição do meio ambiente e com o crescente aumento dos gastos com fertilizantes minerais, cresce a busca por pesquisas sobre a utilização de resíduos orgânicos como fertilizantes, avaliando a viabilidade econômica deles.

A cama de frango constitui resíduo com potencial para ser utilizado como fertilizante, com macro e micronutrientes provenientes das excretas das aves (PURNOMO *et al.*, 2017). De acordo com Schiavinatti *et al.* (2011), em razão da dinâmica do nitrogênio no ambiente, o domínio da fertilização nitrogenada torna-se mais complexo, sendo que tal fertilização torna-se mais limitada quando inserida na superfície do solo, devido à volatilidade da amônia (NH<sub>3</sub>) (VALDERRAMA *et al.*, 2011). Ressalta-se que a aplicação direta da cama de frango no solo, sem um tratamento apropriado, pode provocar eventos impactantes tanto no solo quanto nos corpos hídricos, culminando com a degradação dos ecossistemas aquáticos e geração de riscos à saúde humana, pois é um material que contém elevada carga orgânica, especialmente nitrogênio e fósforo (PERONDI *et al.*, 2017).

A germinação e a formação das plântulas são aspectos importantes e com grande relevância no estudo de espécies que apresentam potencial econômico, pois envolvem um

conjunto de eventos fisiológicos, ocorrendo em adequada condição de temperatura, substrato e luminosidade, por exemplo (BRASIL, 2009). Foi mostrado na literatura que a cama de frango apresenta elevados teores de N, P e K (PAULA, 2014) e valor energético notável (BAYRAKDAR *et al.*, 2018). Tal fato seria vantajoso para o estabelecimento de plantas; no entanto, as condições do experimento e o provável excesso (principalmente P) de nutrientes não foram propícios para a germinação de nenhuma das espécies em tratamentos contendo a cama de frango.

A maioria das espécies vegetais crescem melhor se tiverem acesso ao nitrogênio (N) nas principais formas de sua disponibilidade (Nitrato:  $\text{N-NO}_3^-$  e Amônio:  $\text{N-NH}_4^+$ ). A fonte de N da adubação influencia o pH do substrato de cultivo e é indispensável para o crescimento e desenvolvimento de uma cultura. Desta forma, diversos fatores ambientais podem afetar a germinação, como a temperatura, a luz, a disponibilidade de água e de oxigênio (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000) e a biodisponibilidade de nutrientes. O fato de as sementes dos tratamentos com cama de frango não germinarem pode, ainda, estar relacionado a diversos fatores: por diminuição de nitrogênio ou de oxigênio presentes no composto, presença de agentes fitotóxicos, metais pesados, nitrogênio amoniacal e salinidade, além de grandes concentrações de compostos de baixo peso molecular, como ácidos orgânicos e fenólicos, que podem ter efeito nocivo nas plantas (JALILI *et al.*, 2019).

No estágio inicial da transformação do nitrogênio na compostagem, o nitrogênio orgânico é degradado em amônio, que é posteriormente transformado em nitrito e nitrato na nitrificação (MAEDA *et al.*, 2011). Uma possível explicação é que a alta temperatura inibiu a atividade metabólica bacteriana, pois, à medida que a temperatura diminuiu, o teor de nitrogênio amoniacal aumenta (WAN *et al.*, 2018). Além disso, a redução da intensidade de nitrificação e desnitrificação e o aumento da intensidade de fixação de nitrogênio poderiam promover o acúmulo de amônio. Como resultado, grande parte do amônio acumulado é gaseificada em  $\text{NH}_3$  sob a influência de alta temperatura e pH. Quando o solo perde boa parte destes microrganismos, os níveis de nitrogênio orgânico, em forma de nitrogênio amoniacal, ficam altos e causam toxicidade para o solo e para as plantas, tanto em fase de germinação quanto de crescimento.

Geralmente, todos os processos no ciclo do nitrogênio coexistem simultaneamente durante a compostagem, incluindo amonificação, nitrificação, desnitrificação, fixação de nitrogênio, e assim por diante. A inibição ou aumento de qualquer parte da via de transformação do nitrogênio pode destruir o equilíbrio do ciclo do nitrogênio na compostagem, que pode ser o principal determinante do teor de nitrogênio. Isso pode ser apoiado por estudos anteriores que confirmam que diferentes processos de transformação de nitrogênio são acoplados em níveis moleculares (WANG *et al.*, 2015).

Fatores como temperatura, umidade, porosidade, taxa de aeração, pH e relação C/N afetam a comunidade microbiana e o metabolismo, os quais interferem significativamente no processo de compostagem e na qualidade do composto produzido (WANG *et al.*, 2018). A aplicação dos dois tratamentos de cama de frango resultou no decaimento das bactérias no solo, podendo ocasionar perda do elemento no ciclo de nitrogênio, mantendo-se, assim, o N-amoniaco no solo, que é um poluente extremamente tóxico, o que pode ter causado a infertilidade dos dois solos tratados com a cama de frango, seguindo a dose de 21 ton/ha estipulada para este experimento. Assim, as camas de frango *in natura* e fermentada durante 15 dias possuem potencial risco de contaminação ambiental do solo, gerando desequilíbrio de microrganismos importantes para transformação do N-amoniaco (alta toxicidade) em nitrito.

Dentre os riscos do alto nível de N-amoniaco, enfatizam-se a infertilidade, lixiviação do solo e eutrofização de lagos, lençóis freáticos ou cursos de água próximos ao local em que foi utilizado. Tais conclusões só puderam ser confirmadas devido ao fato do tratamento-controle, onde somente o solo padrão foi usado para plantio, obter taxa de germinação das sementes em 100%, garantindo, assim, não ser origem de um problema do solo. No entanto, os valores de N total não alteraram de maneira tão intensa nos diferentes tratamentos.

## 7 CONCLUSÕES

1. A aplicação da cama de frango na proporção de 21 ton/ha nas culturas de milho e soja causou a morte germinativa de todas as sementes nos tratamentos, sendo, assim, considerada fitotóxica.
2. A utilização da cama de frango enriqueceu os níveis de nutrientes do solo, mas resultou no decaimento dos microrganismos amonificantes, causando retenção de N-amoniaco, forma tóxica para germinação de sementes e desenvolvimento das plantas.
3. A cama de frango fermentada de terceira reutilização no intervalo de 15 dias, como é feito nas propriedades rurais integradas à empresa, não deve ser utilizada na proporção de 21 ton/ha.

Em virtude dos protocolos e restrições impostos pela pandemia da Covid-19, muitas verbas foram cortadas, dificultando, assim, a execução de testes com outras concentrações. Por isso, o alto custo das análises de solo e microbiológicas foi fator limitante desta pesquisa. Futuros trabalhos devem enfatizar como esse composto foi utilizado para o experimento - se passou por processos fermentativos, compostagem, digestão ou qualquer outro método que resulte na biotransformação da cama de frango, visto que, atualmente, carecem desta informação tão importante. Além disso, deve ser desenvolvida pesquisa com diferentes concentrações de cama de frango fermentada e *in natura* para avaliação de fitotoxicidade.

## **8 PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA**

O produto técnico desenvolvido (Anexo I) tem como público-alvo os produtores do setor de avicultura de corte. A aplicabilidade do produto técnico refere-se ao fornecimento de informações e orientações técnicas e a apresentação de propostas de utilização e destino da cama de frango.

A proposta do produto técnico foi criar um material didático com o objetivo de apresentar, de forma educativa, o descarte correto da cama de frango para uso em adubação, bem como os riscos ambientais que envolvem sua manipulação e disposição incorreta.



## **CAMA DE FRANGO**

**QUAL É A DESTINAÇÃO  
CORRETA QUANDO FOR  
DESCARTADA?**



## FICHA TÉCNICA

© 2023. MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL (MPSTA) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)

Não há direitos reservados. A reprodução está autorizada, no todo ou em parte, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

### INFORMAÇÕES E CONTATOS

IFMG/BAMBUÍ. Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - km 05.  
Caixa Postal 05 - Bambuí - MG –  
CEP: 38900-000.  
www.bambui.ifmg.edu.br

### REITOR DO IFMG

Kléber Gonçalves Glória

### PRÓ-REITOR DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Fernando Gomes Braga

### DIRETOR-GERAL DO IFMG-CAMPUS BAMBUÍ

Rafael Bastos Teixeira

### COORDENADOR DO MPSTA/IFMG – CAMPUS BAMBUÍ

Prof. Gustavo Augusto Lacorte

### AUTORES

Fernanda Coura Morcatti  
Ricardo Sousa Cavalcanti  
Samuel Costa Bottrel

### DIAGRAMAÇÃO

Samuel Costa Bottrel

### ILUSTRAÇÕES

Samuel Costa Bottrel

### FICHA CATALOGRÁFICA

M833c Morcatti, Fernanda Coura.  
Cama de frango: qual é a destinação correta quando for descartada? /  
Fernanda Coura Morcatti, Ricardo Sousa Cavalcanti, Samuel Costa Bottrel. –  
Bambuí, 2023.  
16 p.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais  
– Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e  
Tecnologia Ambiental, 2023.

1. Sustentabilidade na avicultura. 2. Cama de frango. 2. Descarte da cama. I.  
Cavalcanti, Ricardo Sousa. II. Bottrel, Samuel Costa. III. Título.

CDD 354



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> -----	04
<b>O QUE DEVEMOS SABER SOBRE ODS E SUSTENTABILIDADE?</b> -----	05
<b>SUSTENTABILIDADE NA AVICULTURA</b> -----	07
<b>O QUE É CAMA DE FRANGO?</b> -----	08
<b>O QUÊ PREOCUPA COM DESCARTE DA CAMA ?</b> -----	09
<b>ÁGUA</b> -----	10
<b>SOLO</b> -----	10
<b>VIDA ANIMAL</b> -----	11
<b>ADUBAÇÃO SEM CONHECIMENTO</b> -----	12
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CAMA</b> -----	12
<b>PROCESSO DE COMPOSTAGEM</b> -----	13
<b>PROCESSO DE BIODIGESTÃO</b> -----	14
<b>CONCLUSÃO</b> -----	15



## **APRESENTAÇÃO**

O Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG Campus Bambuí busca desde 2015, pelo Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, estudos na área de sustentabilidade e meio ambiente com foco na sustentabilidade, apresentando maneiras de uso responsável de recursos naturais e sustentáveis.

As Tecnologias sociais são intimamente ligadas ao Meio Ambiente e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), essa ligação trás para a população conhecimentos de interesse, desde conhecimentos populares, hábitos higiênicos e conceito de resolução de problemas da sociedade.

A Tecnologia Social foi a ferramenta que possibilitou criar este documento, baseado de acordo com a dissertação intitulada “**Uso de cama de frango fermentada e não fermentada na adubação de Culturas Agrícolas**”, com defesa apresentada em 2022.

A cama de frango gerada pela produção avícola é uma grande preocupação para o meio ambiente, por se tratar de um subproduto da produção com alto potencial contaminante, mas por outro é um subproduto usado como adubo, rico em nutrientes, que incorporam excelentes níveis nutricionais ao solo.

Ao tratar o tema de destinação de cama de frango enfrentamos um problema ambiental e social. Este documento apresenta ao produtor rural, a importância de entender a devida forma do descarte da cama de frango, quando não será mais usada na criação.

A cama de frango não pode ser utilizada para a adubação logo após a sua retirada do galpão, ela deve passar por processos biológicos como compostagem, fermentação e biodigestão, processos que vão garantir que seus nutrientes estejam preparados e disponíveis para as plantas cultivadas.



**ANTES DE TUDO...**

## O QUE DEVEMOS SABER SOBRE ODS E SUSTENTABILIDADE?

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) surgiram em 2015 com a união de vários países das Nações Unidas para debater e criar uma agenda até 2030 com compromissos ligados a sustentabilidade. ODS não é somente preocupação ambiental, a agenda envolve 17 áreas de atuação desde áreas sociais, educação e meio ambiente.

A sustentabilidade então não deve ser somente relacionada somente ao Meio ambiente, mas a um todo que engloba os temas que vemos abaixo.



### E ONDE DESTINAÇÃO DE CAMA DE FRANGO ENTRA?



*Produtor rural, não só da avicultura, mas todos que gerem o resíduo da produção animal, são chaves para o sucesso da sustentabilidade, são 5 objetivos e vamos resumir porque estamos encaixados nestes ODS.*





Energia pode ser gerada quando usamos a cama de frango descartada para uso em um biodigestor com a finalidade de produção de gás metano e este gás pode aquecer os animais durante a produção reduzindo o consumo elétrico e queima de lenha nas propriedades.

Comunidades sustentáveis neste caso é relacionado a transformação da cama em adubo orgânico que reduz uso de adubos químicos. Retirar de um subproduto o seu melhor.



Quando se reutiliza a cama de frango garantimos uma redução de extração de matéria prima da natureza (casca de arroz, maravalha etc.) Quanto mais reutilizar maior será o consumo responsável.

Cama de frango deve ser tratada antes de ser descartada. A cama pode ser um grande contaminante de rios, lagos e lençóis freáticos, causando desequilíbrio ecológico aquático.



Quando a cama é utilizada para adubar é muito importante saber como tratar a cama para a essa finalidade, o quanto posso usar e como trabalhar com esse resíduo. A cama pode ser um potencial risco para a microbiota natural do solo, bactérias que auxiliam no crescimento de plantas.

***Além disso a cama de frango não pode ser destinada ao consumo de ruminantes, pode causar sérios riscos à saúde do animal e a população.***



## **SUSTENTABILIDADE NA AVICULTURA**

O setor de avicultura cada vez mais é visto como fundamental para os avanços em práticas e processos que possam garantir a produção sustentável nas propriedades, visando a proteção ambiental, bem-estar dos animais. A produção de frangos de corte, tem um papel muito importante pela grande quantidade de resíduos gerados pela sua produção intensiva, sendo a cama de frango o principal resíduo gerado.

A cama de frango não deve mais ser vista como um material de descarte e problema na propriedade rural, mas sim, como um subproduto da produção que possa gerar uma renda extra para o produtor.

Processos de compostagem estão sendo criados nas propriedades com a finalidade de se transformar a cama em um fco adubo orgânico com excelentes características físico-químicas que podem enriquecer o solo e reduzir o custo com a compra de adubos químicos para adubação.

Sistemas de biodigestão de cama buscam gerar energia limpa e renovável para redução do consumo elétrico e geração de fontes de calor por gás produzido, que conseguem atender efetivamente as fases de criação que é necessário o aquecimento dos animais.

Considerando-se a utilização da cama de frango como adubo orgânico, quando não utilizada de forma previamente tratada e sem correta distribuição, ela pode apresentar efeitos de toxicidade pela presença de excreta natural da ave, rica em  $\text{NH}_3$  que não se volatiliza, e contamina cursos de água, causando intoxicação em peixes, por exemplo (SEIFFERT, 2000).



## O QUE É CAMA DE FRANGO?



Antes de ser denominada cama de frango é necessário uso de material que irá forrar o galpão em que as aves serão alojadas, para garantir conforto, temperatura e um local seco para as aves.

**A cama pode ser composta por vários materiais como :**

- Casca de arroz
- Maravalha
- Casca de Amendoim
- Casca de Café

Após a criação e saída das aves para o abate, o material que foi utilizado para forrar o galpão, juntamente com as fezes dos animais, penas e ração formam o resíduo final chamado de cama de frango.



Ela pode ser reutilizada em várias criadas, de acordo com orientações técnicas e aspectos sanitários, e quanto mais reutilizada maior e a quantidade de material orgânico presente no resíduo final.

A cama de frango é rica em minerais importantes para o solo como: nitrogênio, fósforo, potássio e vários outros nutrientes.

### UM FATO CURIOSO...



*Uma ave pode produzir em média 1,5 kg de cama de frango em uma criada, considerando a sua produção, quanto de cama de frango você produz a cada criada, basta fazer o seguinte cálculo:*

*Número de aves alojadas x 1,5 (média de cama produzida por ave) = Total de kg.*





## O QUÊ PREOCUPA COM DESCARTE DA CAMA ?

A cama de frango, tem em sua composição muitos nutrientes importantes para adubação e que podem ser substitutos de adubação química, mas também a restrições para o seu uso.

A cama de frango tem alto potencial poluente e boa parte deste risco vem da ave. A excreta da ave tem alta concentração de uratos, metabólitos e ácido úrico.

O ácido úrico precisa ser transformado com a ajuda de algumas bactérias para se transformar em amônia e em seguida se transforma em nitrogênio, assim podendo ser absorvido pela planta.

A geração de resíduos da avicultura é bem significativa no Brasil, inevitável pela alta produção atual (COSTA *et al.*, 2017), desencadeando uma problemática ambiental, como já relatado. Sua alta quantidade de minerais dificulta a sua utilização em áreas agrícolas por longos períodos (MA *et al.*, 2019).



O nitrogênio e o nutriente com a maior concentração encontrado na cama de frango, contudo boa parte deste nitrogênio está em uma forma que a planta não absorve e que é um risco para o meio ambiente. Quando é fermentada o nível de nitrogênio pode aumentar mais ainda, mas se tornando disponível para planta e sem riscos ambientais.

A cama possui uma grande quantidade de bactérias que surgiram durante a criação das aves, algumas patogênicas e outras nem tanto, contudo por questão sanitária é muito importante que esse material possa ser tratado para evitar que a cama leve vírus e bactérias a outros locais.





## QUANDO ACONTECE O RISCO AMBIENTAL...

### ÁGUA

Quando a cama entra em contato com fontes de água, o excesso de nutrientes causa uma alteração no ecossistema aquático, gerando um processo chamado de EUTROFIZAÇÃO.

A eutrofização ocorre quando você descarrega em um rio, lago ou lençol freático, os fosfatos, nitratos, matéria orgânica e nutrientes que após um período começam o estado de decomposição de matéria orgânica, causando redução de nitrogênio que conseqüentemente causa morte dos animais aquáticos.

### SOLO

Quando a cama está em alta concentração no solo, pode causar um aumento maior que o suportado dos níveis de nutrientes. Estes nutrientes causa a morte de bactérias importantes para o solo, como as **bactérias Amonificantes**, estas bactérias têm o papel de transformar os compostos de amônio em nitrogênio absorvido pelas plantas.

Em casos de chuva e a longo prazo, causa a lixiviação do solo e desertificação.

Aplicações em quantidades elevadas de dejetos podem extrapolar os benefícios do fertilizante e aumentar os riscos ambientais, implicando em altas cargas de nutrientes (N, P, Cu e Zn), metais e patógenos entre outros, no ambiente. Assim, a utilização da cama de frango na agricultura sem a aplicação de algum tipo de tratamento para diminuir e/ou eliminar as substâncias tóxicas, pode causar riscos à fauna e flora, além de riscos à saúde humana (YOUNG *et al.*, 2016).

Nesta pesquisa conseguimos identificar que a cama sem fermentação e a fermentada em prazo de 15 dias, ainda assim reduzem as bactérias Amonificantes do solo. A amostra de cama fermentada ainda apresentou menor quantidade de bactérias amonificantes devido a fermentação.



É muito importante que o prazo fermentativo seja longo para garantir todos os ciclos químicos e físicos que ocorrem, para que a cama além de rica em nutrientes esteja presente bactérias importantes para o solo.

Quantificação de microrganismos amonificantes pelo Número Mais Provável (NMP) no solo dos três tratamentos experimentais.

Amostra	NMP* células/g de solo
Solo testemunha	$4,62 \times 10^9$
Solo com cama <i>in natura</i>	$2,15 \times 10^9$
Solo com cama fermentada	$9,32 \times 10^8$

\*Número mais provável

## VIDA ANIMAL

Alimentar o gado com cama de frango é **proibido** no Brasil e em muitos outros países. A cama de frango pode causar a DOENÇA-DA-VACA-LOUCA, que você já deve ter ouvido falar. Também é muito perigoso usar a cama como alimento para ruminantes porque, durante a criação algumas aves morrem e podem se misturar na cama e ali vão se decompor. Com a sua decomposição na cama, ela produz toxinas muito perigosas para os animais que podem causar o BOTULISMO nos ruminantes.

O armazenamento da cama de frango causa mau cheiro e proliferação de vetores de doenças (MA *et al.*, 2019). Além disso, a cama de frango foi utilizada para alimentação de ruminantes por muito tempo, até que foi associada com algumas doenças no rebanho, sendo proibida sua utilização na nutrição de animais. O uso da cama de frango na agricultura de forma negligente traz alguns riscos (YOUNG *et al.*, 2016), pois é sabido que o composto pode conter patógenos, além de influenciar diretamente na fertilidade do solo devido à presença de substâncias tóxicas (OGUNWANDE *et al.*, 2008).



## ADUBAÇÃO SEM CONHECIMENTO

Essa é umas das melhores formas de você destinar a sua cama de frango de forma correta e segura. Mas, antes de tudo a cama de frango deve passar por um **TRATAMENTO** para que assim, possa ser utilizada para a adubação.

É necessário sempre o acompanhamento por um Agrônomo ou técnico agrícola para analisar o solo antes de se utilizar um adubo, mesmo que seja a cama de frango.

Quando há uso excessivo de nutrientes maiores que o solo demanda já falamos da morte de bactérias importantes para o solo e ocorre também a competição de nitrogênio, que pode causar perda de produtividade em uma lavoura.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CAMA

Para cada cama de frango que for analisada, sempre teremos níveis de nutrientes diferentes uma das outras, vista a grande variedade de situações que podem interferir na sua formação, como matéria seca utilizada, ração desperdiçada ou não, adição de produtos químicos, promotores de crescimento e muitas outras variáveis. Avaliamos a cama de frango sem fermentação e a cama de frango fermentada, as duas apresentaram resultados excelentes quando relacionado aos níveis apresentados no solo.

### Resultados de pH, potássio e nitrogênio

Amostra	pH	P (melh)	K	N total
	H <sub>2</sub> O	mg/ dm <sup>3</sup>		
CFF	7,7	170	3,24	0,41
CSF	8,4	165,1	4	0,37
Testemunha	5,4	62,5	0,21	0,32

Esta cama avaliada apresentou uma variável muito interessante que foi o grande aumento de potássio presente nos



tratamentos com cama. A variável do potássio deve ser muito bem avaliada, altos níveis podem causar toxicidade para plantas. Demais resultados podem ser visualizados na íntegra no documento utilizado para gerar este texto.

## PROCESSO DE COMPOSTAGEM



A compostagem de cama de frango é uma forma muito eficiente para resolver o principal problema de usa-lá para adubação. A compostagem transforma os nutrientes indisponíveis em nutrientes prontamente disponíveis para a planta, assim sendo uma forma de transformar o que antes era resíduo em um adubo que ainda pode gerar uma **renda extra** na propriedade.

O custo para implantação de uma compostagem não é caro, mas vale ressaltar sempre ser orientado por um profissional capacitado para esse projeto.

Será necessário:

- ✓ Local para formar as leiras de cama com altura superior a 1 metro
- ✓ Trator para revirar a cama tempos em tempos para que ocorra o processo em todo o material
- ✓ Local com disponibilidade de água, para molhar as leiras e possibilitar a fermentação e crescimento da bactérias responsáveis pelo processo

Pode ser coberta com lona (quando são leiras menores é melhor) ou sem a cobertura de lona (em leiras altas e maiores)

A compostagem é um processo de reciclagem de resíduos (RINALDI *et al.*, 2014), que propicia o aproveitando de nutrientes e matéria orgânica da cama de frango (ZHANG; SUN, 2017). Em sua composição mineral parte dos compostos da cama de frango é disponível para as plantas, e outra se encontra de forma orgânica que precisam de fatores biológicos do solo para ser disponibilizadas (LOURENÇO *et al.*, 2013).

## VANTAGENS DA COMPOSTAGEM...

- ✓ Baixo custo durante o processo, sendo atualmente o mais viável
- ✓ Processo pode ser feito com ou sem inoculação de bactérias na cama para acelerar o processo



- ✓ Valor final do material fermentado, vendido como adubo orgânico gera renda extra ao produtor rural.
- ✓ Processo simples e seguro

## PROCESSO DE BIODIGESTÃO

A Biodigestão da cama de frango é uma forma muito eficiente e sustentável de utilizar este resíduo para gerar gás. Esse gás pode ser utilizado principalmente para o aquecimento dos galpões de criação e também pode ser utilizado na própria cozinha da fazenda. O custo para implantação de um sistema de biodigestão é caro quando comparado com a compostagem.



Mesmo que o valor desse investimento seja mais expressivo, o produtor tem o retorno financeiro a longo prazo, pela utilização do gás para aquecimento dos galpões.

A utilização de biodigestores, dos quais após o processo de fermentação é obtido o biogás (gás inflamável) e os biofertilizantes (líquido orgânico-mineral estabilizado), pode ser uma das tecnologias utilizadas para aperfeiçoar o balanço energético das propriedades. Nesse contexto, a biodigestão anaeróbia surge como uma alternativa atraente para o tratamento do resíduo avícola. Esse é um método eficaz no tratamento de dejetos da produção animal, principalmente por reduzir a concentração de microrganismos patogênicos, melhorar as características agronômicas do material por meio da estabilização da matéria orgânica, além de produzir uma fonte energética alternativa, o biogás (ZEB *et al.*, 2017).

A biodigestão se apresenta como uma ótima alternativa para o tratamento da cama de frango, podendo colaborar com a amortização de parte do custo gerado com a produção avícola.

## VANTAGENS DA BIODIGESTÃO...

- ✓ Fonte de gás para aquecimento dos galpões
- ✓ Gera ao final o biofertilizantes ( subproduto da biodigestão)



- ✓ *Gera uma renda extra ao produtor rural*

## **CONCLUSÃO**

Podemos juntos firmar que este produto tecnologico mostra primeiramente a importância do conhecimento e deveres que Avicultores, possuem perante a agenda 2030 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, peças fundamentais para ajudar no cumprimento de cinco dos 17 compromissos. A sustentabilidade é uma ferramenta de extrema importância na produção avícola, podendo proporcionar a produção a lucratividade com o reaproveitamento e transformação dos subprodutos da produção.

Defender a forma correta de descarte da cama de frango quando necessário, de forma a não agredir o meio ambiente, água, solo, vida animal.

A cama possui diferentes nutrientes e com a metodologia de compostagem podemos garantir a biodisponibilidade de nutrientes e segurança para o solo e plantas. A biodigestão é uma fonte de energia renovável com a produção do gás que pode reduzir consumo de madeira e energia elétrica nas propriedades que possuem o sistema, além de ao fim deste processo gerar um biofertilizante ideal para cultivos.



## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 001/86. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 de maio de 1986.

COSTA, M. S. S. *et al.* Composting as a cleaner strategy to broiler agro-industrial wastes: Selecting carbon source to optimize the process and improve the quality of the final compost. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2084 - 2092. 2017.

DE LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. Impacto ambiental causado pela produção de frango de corte. In: **Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola**. São Paulo, 2003.

EMBRAPA - disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/ferorganica.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/ferorganica.htm)>: **Adubação orgânica**. 2010. Acesso em: 11 de nov.2021.

LOURENÇO, K. S.; CORRÊA, J. C.; ERNANI, P. R.; LOPES, L. DOS S.; NICOLOSO, R. DA S. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, v. 37, n. 2, p: 462 – 471, 2013.

MA, Q.; PAUDEL, K. P.; BHANDARI, D.; THEEGALA, C.; CISNEROS, M. Implications of poultry litter usage for electricity production. **Waste Management**, v. 95, p. 493 – 503, 2019.

RINALDI, S.; DE LUCIA, B.; SALVATI, L.; REA, E. Understanding complexity in the response of ornamental rosemary to different substrates: A multivariate analysis. **Scientia Horticulturae**, v. 176, p. 218- 224, 2014.

SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: **Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola**. Concórdia, SC., Brasil. pp. 1-20, Abril, 2000.

YOUNG, B. J.; RIZZO, P. F.; RIERA, N. I.; TORRE, V. D.; LÓPEZ, V. A.; MOLINA, C. D.; SÁNCHEZ, A. Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure. **Waste Management**, v. 54, p:101–109, 2016.

ZHANG, L.; SUN, X. Addition of seaweed and bentonite accelerates the two-stage composting of green waste. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 154 - 162. 2017.

ZEB, I., JINGWEI, M., CRAIG, F., QUANBAO, Z., PIUS, N., YIQING, Y., & GOPI KRISHNA, K. Recycling separated liquid-effluent to dilute feedstock in anaerobic digestion of dairy manure. **Energy**, 119, 1144-1151, 2017.



## REFERÊNCIAS

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. 2021. **Relatório Anual ABPA**. Disponível em: [https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA\\_Relatorio\\_Anual](https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual). Acesso em: 12 de mar. 2022.
- ABPA. Associação brasileira de proteína animal. **Avicultura e Impactos Ambientais**. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/associado/59/Agr%C3%ADcola%20Jandelle%20S>. Acesso em: 12 de mar. 2022.
- ADELI, A.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E; TEWOLDE, H. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. **Agron. J.**, v. 97, p: 314-321, 2005.
- ADELI, A.; SISTANI, K.R; ROWE, D.E; TEWOLDE, H. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 71, p: 974- 983, 2007.
- ALMEIDA JÚNIOR, A.B.; NASCIMENTO, C.W.A.; SOBRAL, M.F.; SILVA, F.B.V.; GOMES, W.A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, 2011.
- AMARAL, P.M. **Avaliações em teste de germinação de soja submetidas ao composto de cama de frango enriquecida com resíduos vegetais e minerais inoculados**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2020.
- ANDREOLA, F. *et al.* Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 03, p. 609-620, 2000.
- ASSES, N.; FARHAT, W.; HAMDI, M.; BOUALLAGUI, H. Large scale composting of poultry slaughterhouse processing waste: microbial removal and agricultural biofertilizer production from the digestate. **Bioresource Technology**, Amsterdam, 178,238- 246.
- AVICULTURA INDUSTRIAL. **Compostagem Frangos**. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/compostagem-de-aves-mortas/20091006-100450-H595>. Acesso em: 13 de ago.2022.
- AZEEZ, J.O. *et al.* Differential responses in yield of pumpkin (*Curcubita maxima* L.) and night shade (*Solaum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. **Bioresource Technology**, v.101, n.7, p.2499-2505, 2010.

- BADO, C. **Gestão de Resíduos Resultantes da produção de frango de Corte**. Dissertação de Mestrado, UEM, 2006.
- BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; OLIVEIRA, F. A.; ALBUQUERQUE, A. W. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, v. 5, p: 485-491, 2010.
- BAYRAKDAR, A.; SÜRMELE, R. Ö.; ÇALLI, B. Anaerobic digestion of chicken manure by a leach-bed process coupled with side-stream membrane ammonia separation, **Bioresource Technology**, v. 258, p: 41-47, 2018.
- BLANCO, I. B.; **Adubação da cultura da soja com dejetos suínos e cama de aviário**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Dissertação de mestrado. 2015.
- BOATENG, S.A.; ZICKERMANN, J. & KORNAHRENS, M. Poultry manure effect on growth and yield of maize. **West Africa J. Appl. Ecol.**, v. 9, p:1-11, 2006.
- BOGUSZ, A.; OLESZCZUK, P. Sequential extraction of nickel and zinc in sewage sludge- or biochar/sewage sludge-amended soil. **Science of the Total Environment** v. 636, p. 927-935, 2018.
- BORTOLINI, J.; TAVARES, M. H.F., FREITAG, D.T; KUCZMAN, O. Removal of solids and chemical oxygen demand in poultry litter anaerobic digestion with different inocula. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 2, p:24-69, 2020.
- BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. Compostagem: Solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.6, p.115-122, 2001.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. **Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília, DF: Mapa/ACS. 395p, 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 001/86. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 de maio de 1986.
- BRATTI, F. **Uso da cama aviária como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1527>>.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilização do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. Fundação MS. **Tecnologia e Produção: Soja e Milho**, 2012.
- BRUGNARA, E. C. Cama de aviário em substratos para mudas de maracujazeiro – amarelo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Chapecó, ano 2014, v.9, ed. 3, p. 21-30, 4 set. 2014.

CAMPOS, S. A. *et al.* Efeito do esterco de galinha poedeira na produção de milho e qualidade da silagem. **Revista Ceres**, v. 64, n. 3, p. 274-281, 2017.

CANELLAS, L. P. *et al.* Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhiço e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.935-944, 2003.

CARUSO, M. C., BRAGHIERI, A., CAPECE, A., NAPOLITANO, F., ROMANO, P., GALGANO, F., ALTIERI, G., & GENOVESE, F. (2019). Recent Updates on the Use of Agro-Food Waste for Biogas Production. **Applied Sciences**, 9(6):1217.

CARVALHO, J. E. U. de; JÚNIOR, J. F.; MULLER, C. H.; TEIXEIRA, L. B.; DUTRA, S. Comunicado Técnico. **Efeito de doses percentuais de cama de frango na produção de Mudanças de Abieiro**, Belém, v. 1, ed. 1, 2004.

CERRI, C. E. P.; OLIVEIRA, E. C. A. de; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP, 2008. 19p. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem\\_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf)>.

CHAN, M.T.; SELVAM, A.; WONG, J. W. C. Reducing nitrogen loss and salinity during “struvite” food waste mineral. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.199-205, 2008.

CHIARELOTTO, M. *et al.* Reducing the composting time of broiler agro-industrial wastes: The effect of process monitoring parameters and agronomic quality. **Waste Management**, v. 96, p: 25 – 35, 2019.

CHINIVASAGAM, H. N *et al.* On-farm Campylobacter and Escherichia coli in commercial broiler chickens: Re-used bedding does not influence Campylobacter emergence and levels across sequential farming cycles. **Poultry Science**, v. 95, p: 1105-1115, 2016.

COLATTO, L; LANGER, M. Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Unoesc & Ciência – ACET**, v.2, n. 2, p:119-128, 2011.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos. Safra 2016/2017 – Décimo levantamento**. Brasília, v.4, p.1-171. 2017

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira de Grãos**. Dados de 10/09/2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>.

CONAB. **Primeiro levantamento da safra 2019/20 de grãos indica produção de 245 milhões de t**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3080-primeiro-levantamento-da-safra-2019-20-de-graos-indica-producao-de-245-8-milhoes-de-t>>. 2019.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho - **Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Embrapa, 2019.

CORDELL, D.; DRANGERT, J.O.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, v.19, p.292-305, 2009. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009.

COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1991-1998, 2009.

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, v.22, p:229-235, 2009.

COSTA, M. S. S. *et al.* Composting as a cleaner strategy to broiler agro-industrial wastes: Selecting carbon source to optimize the process and improve the quality of the final compost. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2084 - 2092. 2017.

DAÍPRAMA. *et al.* Uso de cal virgem para o controle de Salmonella spp. e Clostridium spp. em camas de aviário. **Ciência Rural**, v.39, p.1189-1194, 2009.

DALÓLIO, F.S. *et al.* Poultry litter as biomass energy: A review and future perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 941 - 949. 2017.

DANTAS, J. dos S; VERCEZI, J. T. A Influência da Agroindústria Avícola e Territorialização Urbana da Zona Sul De Rolândia-Pr: O Caso da Empresa Big Frango. Maringá, **Revista Percurso**, v. 6, n. 2, p. 77- 102, 2014.

DAVIS, K. F., GEPHART, J. A., EMERY, K. A., LEACH, A. M., GALLOWAY, J. N. AND D'ODORICO, P. Meeting future food demand with current agricultural resources. **Global Environmental Change**, v. 39, p:125-132, 2016.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.004>

DE LUCAS JUNIOR, J; SANTOS, T. M. **Impacto ambiental causado pela produção de frango de corte**. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA. São Paulo, 2003.

EMBRAPA - disponível em:<[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/ferorganica.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/ferorganica.htm): **Adubação orgânica**. 2010.Acesso em:11 de nov.2021 .

EMBRAPA. **Embrapa suínos e aves: estatística/desempenho da produção**. Embrapa. Santa-Catarina, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-eaves/cias/estatisticas>.

ERNANI, P.R. **Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo**. 1981. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981

FÁVERO, F. **Uso da cama de frango associada à adubação mineral no sistema de produção de grãos da região oeste do Paraná**. 2012. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.

FELINI, F. Z.; BONO, J. A. M. Produtividade de soja e milho, em sistema de plantio com uso de cama de frango na região de Sidrolândia - MS. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 5, p. 9-18, 2011.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Adubação orgânica do cafeeiro, com uso do esterco de galinha, em substituição à adubação Mineral. **Coffe Science**, Lavras, ano 2013, v. 8, ed. 4, p. 486-499, 13 ago. 2013.

FIGLIAREZZI, C.; CERETTA, C. A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. **Ciência Rural**, v.36, p.1788- 1793, 2006.

FIGLIAREZZI, M.; SERANTONI, N.; AZEVEDO, M. de A. Método simplificado de compostagem para tratamento de cama de frango. **Revista Aidis e Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica.**, Viçosa, v. 13, ed. 1, p. 20-32, 2020.

FREITAS, F., C. F., A.; YEGROS C. A. Construção de um biodigestor didático para a estação ciências do parque tecnológico de Itaipu. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v.9, n. 2, p: 65-74, 2018.

GARCÊS, A.P.J.T.; AFONSO, S.M.S., CHILUNDO, A.; JAIROCE, C. T. S. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. **Tropical Animal Health and Production**, 49, 369–374, 2017.

GIANELLO, C.; ERNANI, P. R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frango, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.285-290, 1983.

GUIMARÃES, G.; LANA, R. de P.; REI, R. de S.; VELOSO, C. M.; SOUSA, M. R. de M. Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17(4), p. 617 – 625, 2016.

HAHN, L. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas**. Florianópolis: UFSC, 2004, 120p.

HAJJAJI, N.; MARTINEZ, S., TRABLY, E.; STEYER, J. P.; HELIAS, A. Life cycle assessment of hydrogen production from biogas reforming, **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, n.14, p: 6064-6075, 2016.

HAKIMI, M., SHAMSUDDIN, R., PENDYALA, R., SIYAL, A.A., ALMOHAMADI, H. Co-anaerobic digestion of chicken manure with the addition of *Cymbopogon citratus*, *Mentha piperita* and *Citrus sinensis* as fly deterrent agents: biogas production and Kinetic study. **Bioresour. Technol. Rep.** 15, 100748, 2021. doi: 10.1016/j.biteb.2021.100748

HOFFMANN, I. *et al.* A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote área in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 86, n. 03, p. 263-275, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: estatística da produção pecuária: março de 2016.** 2016. 76p. Available at: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp\\_2016\\_mar.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2016_mar.pdf)>.

JALILI, M.; MOKHTARI, M.; ESLAMI, H.; ABBASI, F.; GHANBARI, R.; EBRAHIMI, A. A. Toxicity evaluation and management of co-composting pistachio wastes combined with cattle manure and municipal sewage sludge. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 171, p. 798 - 804. 2019.

JEONG, K.; KIM, J. K.; RAVINDRAN, B.; JUNLEE, D.; WONG, J. W. C.; SELVAM, A.; KARTHIKEYAN, O. P.; KWAG, J. H. Evaluation of pilot-scale in-vessel composting for Hanwoo manure management. **Bioresource Technology**, v. 245, p. 201-206, 2017.

KANCHANA, P.; SANTHA, M. L.; RAJA, K. D. A review on *Glycine max* (L.) merr. (soybean). **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**. Índia, v.5, n.1, p. 356-371. 2015

KANTER, D. R. Nitrogen pollution: a key building block for addressing climate change. **Climate Change**, v. 147, n. 1-2, p. 11-21, 2018.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KIM, S. Y.; PRAMANIK, P.; GUTIERREZ, J.; HWANG, H. Y.; KIM, P. J. Comparison of methane emission characteristics in air-dried and composted cattle manure amended paddy soil during rice cultivation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 197, p. 60-67, 2014.

KOMILIS, D. P.; TZIOUVARAS, I. S. A statistical analysis to assess the maturity and stability of six composts. **Waste Management**, v. 29(5), p. 1504 - 1513. 2009.

KUYPERS, M.M.M., MARCHANT, H.K., KARTAL, B. The microbial nitrogen-cycling network. **Nat. Rev. Microbiol.** 16, 263, 2018.

LACY, P., RUTQVIST, J., 2016. **Waste to Wealth: the Circular Economy Advantage**. Springer.

LANA, M.C.; RAMPIM, L.; VARGAS, G. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em latossolo vermelho eutroférico. **Global Science and Technology**. v. 07, n. 01, p. 26–36, 2014.

LEAL, J.R.; VELLOSO, A.C.X. Phosphorus adsorption in Oxisols from Brazilian Savannas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 8: 81-88,1973.

LEE, J., CHOI, D., OK, Y.S., LEE, S.R., KWON, E.E. Enhancement of energy recovery from chicken manure by pyrolysis in carbon dioxide. **J. Clean. Prod.** 164, 146–152, 2017. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.217

LEITE, L.F.C. *et al.* Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.27, p.821-832, 2003.

LI, J., Wang, X., Cong, C., Wan, L., Xu, Y., Li, X., Hou, F., Wu, Y., Wang, L. In-oculation of cattle manure with microbial agents increases efficiency and promotes maturity in composting. **3 Biotech** 10 (3), 128 10, 2020.1007/s13205-020-2127-4 .

LI, Q.; RAY, C. S.; CALLOW, N. V.; AL LOMAN, A.; MAHFUZUL ISLAM, S. M.; JU, L.-K. *Aspergillus niger* production of pectinase and  $\alpha$ -galactosidase for enzymatic soy processing. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 134, 2019.

LOURENÇO, K. S.; CORRÊA, J. C.; ERNANI, P. R.; LOPES, L. DOS S.; NICOLOSO, R. DA S. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, v. 37, n. 2, p: 462 – 471, 2013.

LUO, Y.; LIANG, J.; ZENG, G.; CHEN, M.; MO, D.; LI, G.; ZHANG, D. Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. **Waste Management**, v. 71, p: 109 –114, 2018.

MA, Q.; PAUDEL, K. P.; BHANDARI, D.; THEEGALA, C.; CISNEROS, M. Implications of poultry litter usage for electricity production. **Waste Management**, v. 95, p. 493 – 503, 2019.

MAEDA, K., HANAJIMA, D., TOYODA, S., YOSHIDA, N., MORIOKA, R., OSADA, T. Microbiology of nitrogen cycle in animal manure compost. **Microb. Biotechnol.** 4, 700–709, 2011.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Cultivo do milho: Germinação e Emergência**. Comunicado Técnico 39. Embrapa Milho e Sorgo - Sete Lagoas, p. 9, 2002.

MANOGARAN, M.D., MANSOR, N., NOOR AFFENDI, N.M., BALOO, L., SALEHUDDIN, N.F. Op-timisation of diallyl disulfide concentration and effect of soil

condition on urease inhibition. **Plant Soil Environ.** 66 (2), 81–85. doi: 10.17221/617/2019, 2020.

MARAGNO, E.S.; TROMBIN, D, F.; VIANA, E. The use of sawdust in a little compounder system. **Eng. Sanit. Ambient.** vol.12, n.4, 2007.

MEDEIROS, N. H.; SOUZA, F. **Estrutura, conduta e desempenho de mercado da avicultura paranaense: um estudo de sua organização industrial recente.** Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre. 2019.

MELO, L.C.; SILVA, C.A.; DIAS, B. de O. Caracterização da matriz orgânicas de resíduos de origem diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v 32, n. 1, p. 163-183, 2008.

MENDES, P. M. **Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura através de bioindicadores vegetais.** 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado - Curso de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Biotecnologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica. **Ambiental**, v.15, n.9, 2011.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

MIRANDA, R. A. **Uma história de sucesso da civilização: A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MORETI, D. *et al.* Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 01, p. 167-175, 2007.

NEGRO, M. J; VILLA, F.; AIBAR, J.; ALARCON, R.; CIRIA, P. **Produção e gestão de composto.** Informações Técnicas do Departamento de Agricultura de Zaragoza, n.88, 2000, 32p.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica- AGEITEC. 2008

NIE, H.; JACOBI, H. F.; STRACH, K.; XU, C.; ZHOU, H.; LIEBETRAU, J. Mono fermentation of chicken manure: Ammonia inhibition and recirculation of the digestate. **Bioresource Technology**, v. 178, p: 238- 246, 2015.

NUNES, J. **Característica do Milho (*Zea Mays* L.)**. Agro Link. 2016. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas\\_361401.html](https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas_361401.html).

OGUNWANDE, G. A.; OSUNADE, J. A.; ADEKALU, K. O.; OGUNJIMI, L. A. O. Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. **Bioresource Technology**, v. 99(16), p. 7495 – 7503, 2008.

OKUMURA, R.S; use of nitrogen fertilizer in maize: a review. **Pesquisa aplicada & agrotecnologia**, p. 226-244, 2011.

OLIVEIRA, E. S.; BIAZOTO, C. D. S. Análise dos Possíveis Impactos Ambientais Causados na Construção e Operação de Aviários de Frango. **Conexão Ciência**, v.7, n. 1, p. 30-34, 2012.

OLIVEIRA, J. G. R.; BARBOSA, G.M. C.; TAVARES FILHO, J.; TORRES, H. C. Perda de Solo e Água e Riscos Ambientais da Concentração de Nutrientes no Escoamento Superficial em Solo Cultivado no Sistema de Plantio Direto e Submetido a Adubações Orgânicas e Mineral. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 01, p. 93-112, 2015.

OLIVEIRA, L. G.; FREITAS, D. C. DE.; BATALHA, M. O.; ALCÂNTARA, R. L. C. Gerenciamento de riscos na cadeia agroindustrial de frango: análise da perspectiva dos avicultores em ubá, Minas Gerais. **Revista Produção Online**, n.15, v. 4, p: 1305-1325, 2015.

PAIVA, E. C. R., MATOS, A. T., AZEVEDO, M. A., BARROS, R. T. P. DE, & COSTA, T. D. R. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, 32(5), 961-970, 2012.

PALHARES, J. C. P. **Uso da cama de frango na produção de biogás. Circular técnica**. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, Concórdia, v. 41, p. 01-12, 2004. Disponível em: [www.cnpsa.embrapa.br](http://www.cnpsa.embrapa.br).

PAULA, JUNIOR. S. E. M. **Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte: cama de frango**. Rio de Janeiro – RJ: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, 2014.

PAULETTI, V.; BARCELLOS, M.; MOTTA, A.C.V.; MONTE SERRAT, B.; SANTOS, I.R. Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.199-205, 2008

PENTEADO, M., DE LIMA, G., ZARPELLON, F., GUERI, M., & SCHIRMER, W. Potencial energético do biogás gerado a partir da biodigestão de resíduos do processamento industrial de erva-mate. **Revista aidis de ingeniería y ciencias ambientales. Investigación**, v. 14, n. 2, 767-785, 2021.

PEREIRA, J.B. **Análise de Desempenho da Cadeia Produtiva de Carne de Frango nos 25 Estados de São Paulo e Goiás**. 2018, 121 f. Dissertação. (Mestrado em Agronegócio) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

PERONDI, D.; POLETTO, P.; RESTELATTO, D. C.; SILVA, J. P.; JUNGES, J.; COLLAZZO, G. C.; DETTMER, A.; GODINHO, M.; VILELA, A. C. F. Steam gasification of poultry litter biochar for bio-syngas production, **Process Safety and Environmental Protection**, v. 109, p: 478-488, 2017.

PETRIC, I.; ŠESTAN, A.; ŠESTAN, I. Influence of initial moisture content on the composting of poultry manure with wheat straw. **Biosystems Engineering**, v. 104(1), p. 125 – 134, 2009.

PITTA, C. S.; ROCHA, P. F.; ADAMI, A. P.; ASSMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSO, L. C.; SARTOR, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36 n .3, p. 1043-1053, 2012.

PROCÓPIO, D. P.; LIMA, H. J. D. Poultry production conjecture in Brazil. **Research, Society and Development**, v.9, n. 3, p:4793-2312, 2020.

PURNOMO, C. W., INDARTI, S., WULANDARI, C., HINODED, H., & NAKASAKI, K. Slow Release Fertiliser Production from Poultry Manure. **Chemical Engineering Transactions**, v. 56, p:1531-1536, 2017.

RECK, A. B.; SCHULTZ, G. Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no relacionamento interorganizacional na cadeia da avicultura de corte. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v. 54, n. 4, p:709-728, 2016.

RÊGO, J. O.; BRANDÃO, M. C.P.; TORRES NETO, A. B.; CAVALCANTI, L. A. P. Análise da viabilidade de geração de energia e produção de biofertilizantes a partir de dejetos de animais em uma fazenda no Sul da Bahia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.7, p: 75312-75329, 2021.

RIBEIRO, E. M., MAMBELI BARROS, R., TIAGO FILHO, G. L., DOS SANTOS, I. F. S., SAMPAIO, L. C., DOS SANTOS, T. V., DA SILVA, F. G. B., SILVA, A. P. M., & DE FREITAS, J. V. R. Feasibility of biogas and energy generation from poultry manure in Brazil. **Waste Management & Research**, v.36, n.3, p:221–235, 2018.

RINALDI, S.; DE LUCIA, B.; SALVATI, L.; REA, E. Understanding complexity in the response of ornamental rosemary to different substrates: A multivariate analysis. **Scientia Horticulturae**, v. 176, p. 218- 224, 2014.

ROCHA, R. J. S. **Adubação nitrogenada em milho em semeadura direta e cultivo convencional na região Meio-Norte do Piauí**. Tese, Universidade Estadual Paulista, 73 p. 2010.

ROGERI, D.A. *et al.* Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.6, p.534-540, 2015.

RONDÓN, E. O. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 37, p. 239-252, 2008.

SABOURIN, E.; SILVEIRA, L. M.; TONNEAU, J. P.; SIDERSKY, P. **Fertilidade e agricultura familiar no Agreste Paraibano**: um estudo sobre o manejo da biomassa, 59 p. Esperança: Cirad-Terra/ASPTA, 2000.

SÁNCHEZ, Ó. J.; OSPINA, D. A.; MONTOYA, S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. **Waste Management**, v. 69, p. 136-153. 2017.

SANTOS, C.C.; BELLINGIERI, P.A. & FREITAS, J.C. Efeito da aplicação de compostos orgânicos de cama de frango nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Escuro cultivado com sogro granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **R. Cient.**, v. 32, p:134-140, 2004.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.443-449, 2011.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013.

SANTOS, LOANA BERGAMO DOS. **Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia e milho**. 2011. Dissertação (pós graduação em agronomia) - Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011.

SARKAR, S.; BANERJEE, R.; CHANDA, S.; DAS, P.; GA NGULY, S.; PAL, S. Effectiveness of inoculation with isolated *Geobacillus* strains in the thermophilic stage of vegetable waste composting. **Bioresource Technology**, v. 101(8), p. 2892 - 2895. 2010.

SCHIAVINATTI, A. F; ANDREOTTI, M; BENETT, C. G. S; PARIZ, C. M; LODO, B. N; BUZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no Cerrado. **Bragantia**, Campinas, V. 70, N. 4, P. 925-930, 2011.

SCHMIDT, N. S.; DA SILVA, C. L. Pesquisa e Desenvolvimento na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56(3), p. 467 - 482. 2018.

SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: **Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola**. Concórdia, SC., Brasil. pp. 1-20, Abril, 2000.

SHOWLER, A. T. Effects of compost and chicken litter on soil nutrition, and sugarcane physiochemistry, yield, and injury caused by Mexican rice borer, *Eoreuma loftini* (Dyar) (Lepidoptera: Crambidae). **Crop Protection**, v. 71, p. 1-11, 2015.

SILVA, A. de A.; COSTA, A.M. da; LANA, R.M.Q.; LANA, A.M.Q. Recycling of nutrients with application of organic waste in degraded pasture. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.405-414, 2012. DOI: 10.1590/S0100-69162012000200020.

SILVA, G. C. **Produção de berinjela cultivada com cama de frango**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade da Amazônia, VILHENA-AM, 2019.

SILVA, LEANDRO CÉSAR BAPTISTA DA. **Avaliação de substratos para produção de mudas de alface em vilhena-ro**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade Da Amazônia, VILHENA-RO, 2019.

SILVA, S.M. da; OLIVEIRA, L.J.; FARIA, F.P.; REIS, E.F. dos; CARNEIRO, M.A.C.; Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 41, n. 11, p: 1931–1937, 2011.

SILVA, T. R. *et al.* Cultivo do Milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, ano 2011, v. 15, ed. 9, p. 903-910, 2011.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; SILVA, A. J. N.; STAMFORD, N. P.; MACEDO, G. R. Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. **Agriculture and Natural Resources**, v. 51, n. 3, p. 142-147, 2017.

SUZUKI, A. B. P., FERNANDES, D. M., FARIA, R. A. P., & SOUZA, S. N. M DE. Produção de biogás em escala real em unidade demonstrativa – Unidade Granja Colombari. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.10, n.1, p: 13 – 20, 2014.

TAŃCZUK, M., JUNGA, R., WERLE, S., CHABIŃSKI, M., ZIÓŁKOWSKI, Ł., 2019b. Experimental analysis of the fixed bed gasification process of the mixtures of the chicken manure with biomass. **Renew. Energy** 136, 1055–1063. doi:10.1016/j.renene.2017.05.074

TAUPE, N. C.; LYNCH, D., WNETRZAK, R.; KWAPINSKA, M.; KWAPINSKI, J. J. W. (2016). Leahy, Updraft gasification of poultry litter at farm-scale – A case study, **Waste Management**, v.50, p:324-333, 2016.

TERZICH, M.; POPE, M. J.; CHERRY, T. E.; HOLLINGER, J. Survey of pathogens in poultry litter in the United States. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 9, n. 2, p. 287-291, 2000.

TESSARO, A. B.; TESSARO, A. A.; CANTÃO, M. P.; MENDES, M. A. Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do paraná e utilizada como substrato para a produção de biogás. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.8, n.2, p. 357-377, 2015.

TOLLEFSON, J. The global farm. **Nature**, v. 466, p: 554-556, 2010. Disponível em: <http://www.nature.com/news/2010/100728/pdf/466554a.pdf>.

TREMEA, F. T.; SILVA, A. C. O setor avícola no Brasil e sua distribuição regional. **Economia & Região**, v.8, n.1, p:183-200, 2020.

USDA - DEPARTMENT OF AGRICULTURE THE UNITED STATES, 2019 – Disponível em <https://www.ers.usda.gov>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

VACCARI, D.A. Phosphorus: a looming crisis. **Scientific American**, v.300, p.54-59, 2009. DOI: 10.1038/84545475.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de npk em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, V. 41, N. 2, P. 254-263, 2011.

VICENTINI, D. L. G; OLIVEIRA, J. G. R. Análise da gestão dos resíduos de avicultura e impactos ambientais no município de Leopólis (PR). In: **Revista Geografia em Atos (GeoAtos online)**, v. 04, n. 11, p. 05-26, maio/julho 2019.

VIRTUOSO, M. C. *et al.* Reutilização da Cama de Frango. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.12, n. 02, p: 3964– 3979, 2015.

WANG, X.; ZHENG, G.; CHEN, T.; SHI, X.; WANG, Y.; NIE, E.; LIU, J. Effect of phosphate amendments on improving the fertilizer efficiency and reducing the mobility of heavy metals during sewage sludge composting. **Journal of Environmental Management**, v. 235, p. 124 - 132. 2019.

WEI, Y.; WU, D; WEI, D.; ZHAO, Y.; WU, J.; XIE, X.; ZHANG, R.; WEI, Z. Improved lignocellulose-degrading performance during straw composting from diverse sources with actinomycetes inoculation by regulating the key enzyme activities. **Bioresource Technology**. v. 271, p. 66-74, 2019.

WESTERMAN, P. W.; BICUDO, J. R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 02, p. 215-221, 2005.

WU, W., YU, Q., YOU, L., CHEN, K., TANG, H. AND LIU, J. Global cropping intensity gaps: Increasing food production without cropland expansion. **Land Use Policy**, v.76, p: 515-525, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.032>

YANG, R.; MO, Y.; LIU, C.; WANG, Y.; MA, J.; ZHANG, Y.; LI, H.; ZHANG, X. The Effects of Cattle Manure and Garlic Rotation on Soil under Continuous Cropping of Watermelon (*Citrullus lanatus* L.). **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, p. 1-15, 2016.4

YOUNG, B. J.; RIZZO, P. F.; RIERA, N. I.; TORRE, V. D.; LÓPEZ, V. A.; MOLINA, C. D.; SÁNCHEZ, A. Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure. **Waste Management**, v. 54, p:101–109, 2016.

YU, Z.; TANG, J.; LIAO, H.; LIU, X.; ZHOU, P.; CHEN, Z.; ZHOU, S. The distinctive microbial community improves composting efficiency in a full-scale hyperthermophilic composting plant. **Bioresource Technology**, v. 265, p. 146 - 154. 2018.

ZEB, I., JINGWEI, M., CRAIG, F., QUANBAO, Z., PIUS, N., YIQING, Y., & GOPI KRISHNA, K. Recycling separated liquid-effluent to dilute feedstock in anaerobic digestion of dairy manure. **Energy**, 119, 1144-1151, 2017.

ZHANG, L.; SUN, X. Addition of seaweed and bentonite accelerates the two-stage composting of green waste. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 154 - 162. 2017.