

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA

Dissertação

**Caracterização do Esterco de Galinha Poedeira
Submetido à Desidratação e Carbonização Visando sua
Utilização na Agricultura Orgânica**

Renata dos Santos Alves

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

**Caracterização do Esterco de Galinha Poedeira Submetido à
Desidratação e Carbonização Visando sua Utilização na
Agricultura Orgânica**

RENATA DOS SANTOS ALVES

*Sob a Orientação do(a) Professor(a)
Marco Antônio de Almeida Leal*

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Mestra em**
Agricultura Orgânica, no Curso de Pós-
Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
Agosto, 2024

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A474c
Alves, Renata dos Santos, 1991-
Caracterização do Esterco de Frango Submetido à
Desidratação e Carbonização Visando sua Utilização na
Agricultura Orgânica / Renata dos Santos Alves. - Rio
de Janeiro, 2024.
44 f.: il.

Orientador: Marco Antônio de Almeida Leal.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em
Agricultura Orgânica, 2024.

1. Esterco de poedeira. 2. Fertilizante orgânico.
3. Desidratação. 4. Carbonização. I. Leal, Marco Antônio
de Almeida, 1966-, orient. II Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em
Agricultura Orgânica III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO
DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

RENATA DOS SANTOS ALVES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau **Mestra** em Agricultura Orgânica, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 20/08/2024

Marco Antonio de Almeida Leal

Dr. Embrapa Agrobiologia

(Orientador/Presidente)

Caio de Teves Inacio

Dr. Embrapa Solos

Ednaldo da Silva Araújo

Dr. Embrapa Agrobiologia



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS N° 5336/2025 - PPGAO (12.28.01.00.00.00.36)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 11/03/2025 10:39)

MARCO ANTONIO DE ALMEIDA LEAL
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.757-##

(Assinado digitalmente em 14/03/2025 08:39)

CAIO DE TEVES INÁCIO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.757-##

(Assinado digitalmente em 18/03/2025 16:24)

EDNALDO DA SILVA ARAÚJO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.133-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 5336, ano: 2025, tipo: DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS, data de emissão: 11/03/2025 e o código de verificação: f59cda9431

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e minhas irmãs por me incentivarem e me darem apoio para chegar até aqui, sem vocês seria muito mais difícil. Agradeço igualmente, tias, tios, primas e primos que também foram essenciais na minha caminhada.

Agradeço aos meus avós, *in memoriam*, até onde puderam me acompanhar me incentivaram a seguir meus sonhos. Aos meus avós partenos que tiveram mais tempo comigo, vocês foram minha verdadeira inspiração. Me ensinaram desde cedo, mesmo sem saber, a cuidar da terra e dos alimentos produzidos nela.

Agradeço ao meu companheiro que acompanhou minha rotina em todo o meu ciclo no mestrado. Agradeço por me incentivar todos os dias.

Aos meu amigos que de diversas formas foram presentes em todos os processos, vocês tornaram as coisas mais leves.

Agradeço aos meus amigos do PPGAO por todo companheirismo e conhecimento compartilhado que tivemos durante todo o curso. Que bom que chegamos juntos até aqui.

Agradeço aos professores do PPGAO por notável esforço em trilhar caminhos alternativos dentro da agronomia. Vida longa ao PPGAO!

Agradeço especialmente aos professores Anelise Dias e Ednaldo Araújo por sempre me motivarem e me inspirarem profissionalmente.

Ao meu professor e orientador, Marco Leal, agradeço pela paciência e compreensão durante todo o processo. Agradeço também por todo conhecimento partilhado e por sempre estar disposto a ajudar.

BIOGRAFIA

Renata dos Santos Alves, natural do Rio de Janeiro, nascida em 9 de janeiro de 1991. É filha de Rosilane Alves dos Santos e André Cid Nogueira Alves. Atualmente reside na cidade do Rio de Janeiro, onde exerce a função de residente no Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, desde o ano de 2023 até os dias atuais. Graduada em Engenharia Agrônoma pela UFRRJ em 2021. Em 2022 foi bolsista de pesquisa DTI-C na Embrapa Agrobiologia na área de processos e insumos agropecuários para o manejo do solo e da agrobiodiversidade em sistemas orgânicos de produção ou em transição agroecológica sob orientação do professor Ednaldo Araújo. Ao longo da carreira profissional sempre se envolveu em áreas de extensão rural e agricultura orgânica, que atualmente deseja se tornar mestra.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela contendo os indicadores e os limites máximos de contaminantes estabelecidos pela portaria nº 52/2021.....	6
Tabela 2 - Valores de umidade, teor de massa seca, densidade úmida e densidade seca observados nos estercos fresco e carbonizado.....	19
Tabela 3 - Valores de pH, condutividade elétrica e emissões potenciais de CO ₂ e de NH ₃ observados nos estercos fresco e carbonizado.....	20
Tabela 4 - Teores totais de C, N a relação C/N dos estercos fresco e carbonizado.....	21
Tabela 5 - Teores totais de Ca, Mg, P e K dos estercos fresco e carbonizado.....	21
Tabela 6 - Teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K dos estercos fresco e carbonizado.....	22
Tabela 7 - Proporção (%) do conteúdo disponível em relação ao conteúdo total de N, Ca, Mg, P e K dos estercos fresco e carbonizado.....	22
Tabela 8 - Teores totais de metais pesados observados os estercos fresco e carbonizado.....	23
Tabela 9 - Produção de massa seca de milheto (parte aérea + raiz), teor de N no milheto, acúmulo de N no milheto e recuperação do N pela planta de milheto observados nos estercos fresco e carbonizado e em outros fertilizantes orgânicos de referência.....	23
Tabela 10 - Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo na subparcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das subparcelas.....	25
Tabela 11 - Produção total de massa fresca, incluindo folhas comerciais, folhas não comerciais, caule e raiz colhida aos 120 dias após o transplantio.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Imagens do desidratador de esterco de galinhas poedeiras e o material carbonizado após o processo. Fonte: imagens da internet.....	9
Figura 2. Experimento de milheto em vasos conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia. Fonte: Renata Alves.....	16
Figura 3. Plantio de couve em vasos na casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia. A figura A representa o dia do transplante das mudas. A Figura B representa as plantas em estágio de desenvolvimento e ponto de colheita. Fonte: Renata Alves.	18
Figura 4. Milheto aos 28 dias após o plantio. Figura A representando o tratamento esterco fresco, figura B o tratamento esterco carbonizado, figura C o tratamento N-Verde e a figura D o tratamento da torta de mamona. Fonte: Renata Alves.	24

RESUMO

ALVES, Renata dos Santos. **Caracterização do esterco de galinha poedeira submetido à desidratação e carbonização visando sua utilização na agricultura orgânica.** Projeto de Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022. 33p.

É crescente a produção e o consumo de ovos no Brasil, sendo também crescente a geração do esterco de poedeiras, que pode ser utilizado para atender parte da crescente demanda por fertilizantes pela agricultura orgânica. Porém, estercos produzidos em sistemas convencionais somente podem ser utilizados em sistemas orgânicos após a sua compostagem. Além disso, o esterco de poedeira é um produto instável, com textura pastosa e elevada umidade, o que dificulta o seu transporte, armazenamento e aplicação. Uma alternativa de processamento que está se difundindo é a sua desidratação/carbonização em tambores giratórios sendo submetido a temperaturas que variam de 150 a 500 °C. O produto final é um fertilizante estável, granulado, rico em nutrientes e isento de contaminação biológica. Outra característica é a imobilização química de parte do nitrogênio (N) em estruturas de N aromático heterocíclico bioestável, que promove a disponibilização gradual desse nutriente. Deste modo, esse processo de desidratação apresenta-se como uma alternativa à compostagem visando tornar o esterco de poedeiras adequado ao uso na produção orgânica. O objetivo desta dissertação foi realizar avaliações de várias características do esterco de galinhas poedeiras desidratado visando reunir elementos que possam embasar a recomendação para sua utilização na agricultura orgânica. Foi utilizado o esterco desidratado produzido em Santa Maria de Jetibá-ES, município maior produtor de ovos do Brasil, avaliando-se características como densidade, teores totais e disponíveis de nutrientes, pH, CE, estabilidade e contaminação com metais pesados; Também foram realizados experimentos de vasos visando a avaliar a capacidade de fornecimento de N em curto prazo e em médio prazo. Observou-se que a carbonização do esterco de poedeira promove alteração de algumas características e reduz a disponibilidade do N presente neste fertilizante no curto prazo (30 dias) e no médio prazo (120 dias). Porém, o esterco de galinha poedeira carbonizado apresentou desempenho satisfatório quando comparado a outros fertilizantes utilizados em cultivos orgânicos.

Palavras-chave: Esterco de poedeira; fertilizante orgânico, desidratação, carbonização.

ABSTRACT

The production and consumption of eggs in Brazil are increasing, leading to a growing generation of laying hen manure, which can be used to meet the rising demand for fertilizers in organic agriculture. However, manure from conventional systems can only be used in organic systems after composting. Additionally, laying hen manure is an unstable product with a pasty texture and high moisture content, making its transportation, storage, and application challenging. A processing alternative that is gaining traction is the dehydration/carbonization of manure in rotary drums at temperatures ranging from 150 to 500°C. The final product is a stable, granular fertilizer, rich in nutrients, and free from biological contamination. Another important characteristic is the chemical immobilization of part of the nitrogen (N) into bio-stable heterocyclic aromatic structures, enabling the gradual release of this nutrient. Thus, this dehydration process presents itself as an alternative to composting, making laying hen manure suitable for organic farming. This dissertation aimed to evaluate various characteristics of dehydrated laying hen manure to provide a scientific basis for its recommendation in organic agriculture. The dehydrated manure used in the study was produced in Santa Maria de Jetibá-ES, the largest egg-producing municipality in Brazil. Evaluated parameters included density, total and available nutrient contents, pH, electrical conductivity, stability, and contamination by heavy metals. Additionally, experiments conducted in pots were carried out to assess nitrogen supply capacity in the short (30 days) and medium term (120 days). The results indicated that manure carbonization alters some properties and reduces nitrogen availability in the short and medium term. However, carbonized laying hen manure demonstrated satisfactory performance compared to other fertilizers used in organic farming.

Keywords: Laying hen manure; organic fertilizer; dehydration; carbonization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÕES	28
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica é um modelo de produção que cresce ao longo dos anos, pois os consumidores estão cada vez mais preocupados com bem-estar e a preservação do meio ambiente, buscando alimentos com uma qualidade superior, rastreabilidade e livre de agrotóxicos. Os incentivos governamentais como a criação de linhas de crédito, a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), também contribuem para o aumento da produção orgânica no País, tendo em vista o preço diferenciado para o produtor orgânico, que pode ser até 30% maior que o preço de um alimento produzido em sistema agrícola convencional.

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), demonstram o crescimento da produção agrícola orgânica no período de 2012 a 2025. Em 2012 havia aproximadamente 12 mil agricultores orgânicos registrados no Brasil e, em março de 2025 foram registrados cerca de 25,1 mil, representando um crescimento superior a 100%. O número de propriedades também cresceu, em 2010 cerca de 5,4 mil eram registradas como orgânicas, e em 2018 foram registradas mais de 22 mil propriedades. Esse crescimento representa mais de 300% do número inicial de propriedades orgânicas (MAPA, 2025).

O aumento de registro de produtores e propriedades agrícolas certificadas como orgânicas impacta diretamente a demanda por fertilizantes permitidos pela legislação que regulamenta os sistemas orgânicos de produção. A disponibilidade desses fertilizantes no Brasil é mais limitada, pois o aumento massivo de propriedades orgânicas acaba sendo maior do que a oferta dos mesmos. Diante de todas as limitações, os agricultores dão preferência a insumos com menor custo e que estejam próximos a sua propriedade e, até mesmo, oriundos de outras atividades agropecuárias locais ou de propriedades ao redor, sendo mais comumente usados estercos de galinha e esterco bovino.

O uso de esterco de galinha na agricultura como adubo ou como corretivo de solo é tradicional, principalmente em propriedades que tenham criatórios (MITCHELL; DONALD, 1999; VILELA; PIESANTI, 2015). O mercado de frangos de corte e galinhas poedeiras produz grande quantidade de cama de aviário e de esterco de poedeira que podem ser usados na agricultura. Porém, estercos produzidos em sistemas convencionais somente podem ser utilizados em sistemas orgânicos após a sua compostagem.

A composição desses estercos é variada e depende do tipo de produção. O esterco é um material que pode ser altamente contaminante para o meio ambiente quando usado de forma

incorreta (MITCHELL; DONALD, 1999; VILELA; PIESANTI, 2015), causando também queima das plantas e aumento da infestação de pragas (DARAMY et al, 2020). Além disso, o esterco de poedeira é um produto instável, com textura pastosa e elevada umidade, o que dificulta o seu transporte, armazenamento e aplicação, sendo necessário seu processamento para diminuição de riscos no uso agrícola.

Em produções avícolas, o esterco pode estar junto da cama ou na forma mais pastosa e úmida sem cama. O conteúdo varia, pois além do bolo fecal, podem estar presentes restos de rações e serragem (RANADHEERA et al., 2017). Outro agravante, é que podem estar presentes microrganismos patogênicos, entre eles a *Salmonella*, que é eliminada naturalmente nas fezes das aves (HIMATHONGKHAM; RIEMANN, 1999; VILELA; PIESANTI, 2015) e extremamente perigosa para a saúde humana.

A compostagem é um método que pode eliminar os microrganismos e outros materiais contaminantes do esterco das aves ao atingir altas temperaturas (SALDANHA; RIBEIRO, 2021). De acordo com resolução nº 481/17 da CONAMA, as temperaturas durante o processo de compostagem devem ser medidas e registradas pelo menos uma vez por dia, obedecendo o limite de tempo para higienização correta dos resíduos, sendo estabelecidas temperaturas superiores a 55°C por 14 dias e superiores a 65°C por 3 dias em sistemas abertos e temperaturas superiores a 60°C por três dias em sistemas fechados. Este é um método de processamento lento, que demanda mão de obra, ao mesmo tempo que o composto gerado no processo, melhora a estrutura do solo, aumenta a retenção de água e fornece nutriente para as plantas (COSTA et al, 2015).

Uma alternativa de processamento que está se difundindo é a desidratação ou carbonização parcial do esterco de poedeira realizada em tambores giratórios, sendo submetido a temperaturas que variam de 150 °C a 500 °C. O produto final é um fertilizante estável, granulado, rico em nutrientes e isento de contaminação biológica. Resultados de pesquisa indicam que este fertilizante apresenta pouca disponibilidade de nitrogênio (N) apesar do seu elevado teor total. OLIVEIRA (2022), observou que o esterco de poedeira desidratado não foi capaz de prover a adequada fertilização quando utilizado na cultura de alface, em comparação com outros fertilizantes. Outros autores observaram que o processo de carbonização do esterco de poedeira resultou na imobilização química de parte do nitrogênio (N) em estruturas de N aromático heterocíclico bioestável (DARAMY et al, 2020; LI, LI e TONG, 2021).

O eventual efeito de imobilização química do N presente no esterco de poedeira desidratado pode ser positivo, pois em diversas situações é desejável uma liberação mais lenta do N. A Agricultura Orgânica, que evita a utilização de fertilizantes de elevada solubilidade

devido aos efeitos prejudiciais às plantas e ao solo, pode se beneficiar da utilização do esterco de poedeiras obtido em sistemas não orgânicos e processado por meio da desidratação ou carbonização parcial. Porém, a normativa atual sobre insumos permitidos na Agricultura Orgânica (portaria nº 52, de 15 de março de 2021, alterada pela portaria nº 404/2022) não contempla a utilização deste fertilizante, provavelmente devido à sua recente introdução no Brasil e à falta de estudos científicos para realizar uma ampla caracterização deste fertilizante orgânico.

O objetivo do presente trabalho conduziu-se pela realização de avaliações de características do esterco de galinha poedeira carbonizado visando reunir elementos que possam embasar a recomendação para sua utilização na agricultura orgânica. Dentre as avaliações, foram realizadas a caracterização química do esterco de galinha poedeira antes e depois do processo de carbonização, por meio de análises de pH, condutividade elétrica, densidade, teor de C, teores totais e disponíveis de N, Ca, Mg, P e K, relação C:N e estabilidade por meio das emissões potenciais de CO₂ e de NH₃ e as análises para a detecção de metais pesados (Cu, Fe, Mn, Cr, Zn, Al e Pb) visando garantir a segurança ambiental do material analisado. Sendo assim, foi possível conhecer a dinâmica de biodisponibilização em curto e médio prazos do N presente no esterco de poedeira carbonizado, por meio de experimentos em vasos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Legislação

O Brasil fez avanços significativos desde a criação da Lei nº 10.831, publicada em 23 de dezembro de 2003, que regulamenta a produção e a comercialização de produtos orgânicos no país. Após a criação da Lei, o governo, investiu em incentivos comerciais, com foco em aspectos como certificação e produção de sementes orgânicas (CAMARA; NODARI; GUILAM, 2013). Também implementou políticas públicas como o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) promovendo o aumento do consumo de alimentos orgânicos (SANTOS et al., 2017).

No regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção, definido pela portaria nº 52, de 15 de março de 2021 e alterada pela portaria nº 404/2022, foram estabelecidas normas para os sistemas orgânicos de produção e definida a lista de substâncias e práticas para uso nos sistemas orgânicos de produção (BRASIL, 2022). Nesta Lei, no capítulo II na seção II sobre fertilidade do solo e fertilização define que:

Art. 117. Somente é permitida a utilização de fertilizantes, corretivos e inoculantes que sejam constituídos por substâncias e produtos autorizados, nas condições de uso especificadas no Anexo V deste Regulamento Técnico, e de acordo com a necessidade de uso prevista no Plano de Manejo Orgânico (BRASIL, 2022).

Deste modo, para que seja incluído um novo fertilizante orgânico no mercado, é necessário que se cumpra os critérios e que se prove a necessidade da nova substância ser incluída. O novo produto deve respeitar a conservação do solo, a segurança humana e ambiental, a proteção ecológica, além da comprovação da indisponibilidade de outro produto similar acessível em quantidade ou qualidade necessária para a atividade agrícola (BRASIL, 2022).

2.2 Esterco de aves

O setor avícola no Brasil se apresenta em estado constante de crescimento, sendo que a produção de ovos representa uma parte significativa do aumento deste setor. O município de Santa Maria do Jetibá-ES, local que foram coletadas as amostras de esterco para o presente estudo, foi considerado o maior produtor de ovos do Brasil com aproximadamente 19,5 milhões de aves. Cada ave produz aproximadamente 100 gramas de esterco por dia, podendo chegar a 195 toneladas quando multiplicado pelo número de aves do município (OLIVEIRA, 2022).

O esterco das aves é comumente usado como adubo na agricultura. A aplicação do esterco de aves de forma correta, além de fornecer nutrientes para a planta, pode aumentar a capacidade de retenção de água no solo e atuar na imobilização de alguns metais pesados (RANADHEERA et al., 2017).

A sua composição varia conforme o tipo de esterco produzido. Os frangos de corte geralmente são criados com camas de feno, tornando a umidade do excremento menor e na sua composição são encontrados restos de alimentação, além de restos de madeiras e maravalhas. Já nas galinhas poedeiras, a maioria dos sistemas não utiliza cama, sendo assim, o esterco terá uma umidade maior e apenas os restos de alimentação estarão misturados a ele (EDWARDS; DANIEL, 1992). A variação na composição de nutrientes no esterco também irá ocorrer conforme a alimentação utilizada na produção, idade do animal, digestibilidade e o número de vezes que o local é limpo por ano (CHASTAIN; CAMBERATO; SKEWES).

Os nutrientes que podem ser encontrados no esterco das aves são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), cloro (Cl), boro (B), ferro (Fe) e molibdênio (Mo) (CHASTAIN; CAMBERATO; SKEWES). Em estudos realizados, foram encontrados cerca de 6,0% N, 1,8% P e 2,3% K no esterco sem cama (RANADHEERA et al., 2017.).

O esterco de galinha quando comparado ao esterco bovino, é vantajoso por liberar nutrientes de forma mais rápida, pois sua fração de matéria orgânica biodegradável é maior, podendo representar até 90%, sendo 40% de carbono. Porém, a aplicação incorreta ou em excesso do esterco pode levar a maior lixiviação de nitrogênio e outros elementos como fósforo, zinco e cobre para rios e lagos localizados perto da propriedade e para lençóis freáticos. O acúmulo desse material no solo também pode levar toxicidade para as plantas (RANADHEERA et al., 2017).

A composição da alimentação de galinhas poedeiras varia de acordo com o tipo de manejo e a ração usada. Nesta composição, podem ser encontrados aditivos e elementos tóxicos, acarretando um risco tanto para saúde humana quanto para o meio ambiente, quando o esterco proveniente destes animais é utilizado de forma inadequada na agricultura. A contaminação ocorre quando estes elementos são transferidos do material fecal para o solo e para as plantas cultivadas no local (MUHAMMAD et al., 2020). Seu alto risco poluidor e contaminante faz com que o uso de fertilizantes químicos e outros produtos orgânicos de maior custo, seja intensificado (GOMIDE, 1988).

2.3 Contaminação por microrganismos

O esterco de galinhas poedeiras, como anteriormente mencionado, é comumente utilizado como adubo nos campos agrícolas do Brasil. Além dos elementos elencados presentes nesse resíduo, o esterco de galinha poedeira pode carregar patógenos vivos, representando risco para a saúde do consumidor deste alimento e para os animais do ecossistema regional (GULNAZ GALIEVA et al., 2022).

A contaminação por bactérias da espécie *Salmoella* sp. e da espécie *E-coli* são as mais incidentes quando trata-se de resíduo de aves na agricultura. Na pesquisa desenvolvida por NGOGANG et al. (2021), durante o isolamento de bactérias de duas amostras de cama de frango para realização do teste de suscetibilidade a antibióticos, os resultados mostraram uma alta predominância de *Salmonella* sp. (15,5%) e *E- coli* (59,1%), demonstrando que são espécies multiresistentes.

Os tratamentos térmicos para estercos utilizados na agricultura são os processos mais

comuns que resultam na diminuição da quantidade de patógenos. Com o aumento da temperatura e diminuição da umidade, a atividade microbiana também diminui. LI; LI; TONG, (2020) comprovaram através da sua pesquisa que quanto maior a temperatura, mais rápida será a inativação bacteriana do composto.

Os resíduos utilizados na produção agrícola devem ser seguros tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. No Brasil, a legislação que regulamenta os sistemas orgânicos de produção, estabelece limites quanto a quantidade de materiais contaminantes presentes em fertilizantes orgânicos. Os indicadores estão apresentados de forma adaptada na tabela 1. O artigo 117 da portaria do MAPA nº 52/2021 enfatiza que a utilização dos insumos deve levar em conta a matéria prima utilizada na sua produção e a origem do material, a quantidade aplicada, sendo necessário realizar a análise laboratorial em caso de suspeita de contaminação. O artigo 118 desta mesma portaria, reafirma:

Art. 118. Em caso de suspeita de contaminação dos insumos de que trata o art. 117, deverá ser exigida, pelos Organismos da Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC) ou pela Organização de Controle Social (OCS), a análise laboratorial e, se constatada a contaminação, estes não poderão ser utilizados em sistemas orgânicos de produção.

Tabela 1 - Tabela contendo os indicadores e os limites máximos de contaminantes estabelecidos pela portaria nº 52/2021.

	1.000 NMP/g de MS (número mais provável por grama de matéria seca)
Coliformes termotolerantes	< 1.000 UFC/g ou ml (Unidade Formadora de Colônia por grama ou mililitro de produto formulado)**
Ovo viáveis de helmintos	1 em 4g ST (em 4 gramas de sólidos totais)
<i>Salmonella</i> sp.	Ausência em 10g de matéria seca

** No caso de coliformes termotolerantes e *Salmonella* sp: limite exigido para produtos registrados com a denominação de “PRODUTO FITOSSANITÁRIO COM USO APROVADO PARA A AGRICULTURA ORGÂNICA”, formulados à base de agentes microbiológicos de controle.

2.4 Contaminação por metais pesados

A composição do esterco de aves é variável, e a presença de metais pesados mais comumente relatadas nas literaturas são: cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb), cobalto (Co), bário (Ba) e cromo (Cr). Estes elementos, em quantidades acima do nível permitido pela legislação, podem bioacumular no solo e nas plantas cultivadas no local, oferecendo sério risco à saúde de quem consome este alimento (MUHAMMAD et al., 2020).

A presença de altos níveis de metais pesados em fertilizantes orgânicos, afeta a qualidade do solo e prejudica o crescimento e o desenvolvimento da planta. A contaminação a longo prazo, por estes elementos pode causar maiores danos ambientais, afetando diretamente o equilíbrio do solo e a qualidade da água quando lixiviados (CHU et al., 2021).

A legislação de orgânicos, mais precisamente, a portaria do MAPA nº 52/2021, estabelece limites máximos de metais pesados que fertilizantes orgânicos podem apresentar para que sejam usados na produção agrícola, oferecendo um menor risco de contaminação ambiental e humana, tanto para quem consome os alimentos, tanto para quem manipula o fertilizante.

2.5 Necessidade de adequação do esterco de aves

O esterco de galinha poedeira é muito utilizado como fonte de nitrogênio na produção agrícola, porém, para seu uso de forma mais eficiente, faz-se necessário uma adequação, convertendo esse material para uma forma mais estável, melhorando sua biodisponibilidade no solo e facilitando seu transporte e armazenamento (DARAMY et al., 2020).

Aspectos como a textura pastosa e o odor desagradável, dificultam seu manuseio e transporte, tornando-se incomodo para quem transporta, para quem comercializa e para quem faz uso do esterco em estado inadequado durante o plantio. Os odores emitidos pelo esterco podem induzir tanto as reações fisiológicas quanto psicológicas, desencadeando sintomas como estresse, dores de cabeça, vômitos e perda de apetite (RANADHEERA et al., 2017).

O odor característico é proveniente da degradação do material orgânico através dos microrganismos presentes, fazendo com que sejam liberados gases, principalmente a amônia, caracterizando um forte odor tanto na armazenagem do produto quanto na sua aplicação em campo. Há outros relatos que atribuem o odor ao crescimento de fungos nos estercos úmidos (RANADHEERA et al., 2017).

Os tratamentos térmicos, como a compostagem e a carbonização, são os métodos mais comuns utilizados para adequação do esterco de galinha poedeira. Comparativamente, a

carbonização atinge temperaturas mais altas em um tempo menor, acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica e as reações químicas do processo. Consequentemente, o volume do resíduo será reduzido de forma mais rápida e o odor neutralizado também de forma mais rápida através dessas reações (DARAMY et al., 2020).

2.5.1 Compostagem

A compostagem é um método de tratamento de resíduos sólidos, que visa a adequação e transformação da matéria prima através do processo aeróbico de decomposição de matéria orgânica e sua transformação em humus e nutrientes minerais na forma disponível para as plantas (BETTIOL et al., 2023). A matéria húmica formada melhora a estrutura do solo, proporcionando melhor aeração e drenagem do solo; indisponibiliza substâncias tóxicas; aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) permitindo maior retenção de nutrientes; estimula o crescimento das plantas e aumenta a atividade microbiológica do solo (YANG et al., 2024; BETTIOL et al., 2023).

A composição e escolha do material para compostagem, assim como o tamanho das partículas, vão influenciar diretamente na eficiência dos microrganismos presentes e nas reações bioquímicas que ocorrem no processo de compostagem. A presença de nutrientes, principalmente nitrogênio, contribui para multiplicação dos organismos que aceleram a decomposição da matéria orgânica. Quanto ao diâmetro dos materiais, partículas com diâmetro superior a 7 cm demoram a se decompor, em contraponto, materiais com diâmetro inferior a 1 cm podem dificultar as trocas gasosas, tornando o ambiente propício a multiplicação de microrganismos anaeróbicos indesejáveis (BETTIOL et al., 2023).

Comumente, nesses resíduos usados na produção agrícola, são encontrados microrganismos patogênicos que podem causar danos à saúde humana, podendo tornar o uso do resíduo impróprio para a agricultura, caso, não passe pelo processo adequado de tratamento (BETTIOL et al., 2023). Dentre os microrganismos presentes, estão as bactérias *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* (HIMATHONGKHAM; RIEMANN, 1999). A compostagem é um método para eliminação de microrganismos, pois ao atingir temperaturas maiores, entre 45 °C e 65 °C, a quantidade de microrganismos vai diminuir (SALDANHA; RIBEIRO, 2021). Porém, este método pode não ser suficiente para transformar o esterco em um adubo seguro, visto que, não é possível garantir que a leira atinja a temperatura ideal de forma uniforme.

2.5.2 Desidratação e carbonização

Recentemente, surgiu no Brasil um método de processamento do esterco de poedeiras realizado por meio da sua passagem por um longo tambor giratório aquecido com temperaturas que alcançam 500 °C (Figura 1). Isto proporciona a desidratação e a peletização do esterco de poedeira, resultando em um material seco e granulado. As elevadas temperaturas alcançadas também proporcionam uma carbonização inicial do material, resultados em alterações físicas e químicas.



Figura 1 - Imagens do desidratador de esterco de galinhas poedeiras e o material carbonizado após o processo. Fonte: imagens da internet.

Este processo de desidratação, quando realizado em altas temperaturas, pode ser um método vantajoso para eliminação de microrganismos, além de proporcionar redução de odor, peso e volume, e trata-se de um processo muito mais rápido comparado com a compostagem. O objetivo desse método, além de reduzir os danos ambientais, é obter um produto mais adequado para o uso agrícola (DARAMY et al, 2020).

Visando observar a redução de microrganismos presentes no esterco de galinha poedeiras após o processo de carbonização, LI, LI e TONG (2021), em experimentos utilizando secagem de esterco de galinha poedeiras em laboratório com temperaturas variadas, observaram uma ligação entre umidade e bactérias presentes nas excretas, pois conforme o teor de umidade diminuía, menor era a atividade microbiana. Quando o esterco atingiu 20% de umidade o nível de *Escherichia coli* se enquadrou no nível permitido para a segurança humana, porém não foi zerado.

RANADHEERA et al. (2017) observa em países desenvolvidos uma tendência crescente

da utilização do esterco de galinha seco e processado em pellets, pois além de diminuir os riscos de contaminação já descritos, é uma alternativa para facilitar o armazenamento do produto, transporte e aplicação de forma mais precisa. O processo mais comum de secagem em altas temperaturas são túneis de secagem que podem chegar a 250 °C somado a processos de Trituração, homogeneização e por fim, granulação.

2.6 A importância de fontes orgânicas de nitrogênio na AO.

O nitrogênio é um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, desempenhando diversos papéis na fisiologia vegetal. É um componente fundamental dos aminoácidos que estão ligados a construção da molécula de proteína; está presente na composição da clorofila, melhorando a eficiência da fotossíntese; influencia o crescimento das raízes e o desenvolvimento da biomassa; atua na formação de grãos e frutos e melhora a eficiência na utilização de outros nutrientes essenciais (YADAV, 2024).

As fontes de nitrogênio utilizadas como adubo na produção agrícola podem ser advindas de fontes orgânicas ou através dos fertilizantes sintéticos. Na agricultura orgânica, somente as fontes orgânicas são permitidas como fertilizantes, sendo que as mais usadas são os estercos de animais, a adubação verde, os restos de podas e as farinhas de ossos (VANEGA et al., 2011). Por ter uma liberação de nitrogênio mais lenta, a utilização destas fontes minimiza o impacto ambiental quando comparado aos fertilizantes sintéticos, além de promover a reciclagem de resíduos, diminuindo o desperdício de recursos (BETTIOL et al., 2023).

Embora as fontes orgânicas tragam diversos benefícios, existem desafios associados a sua utilização: a variabilidade na composição da fonte, não sendo possível estabelecer um padrão quantitativo de cada elemento; o volume do material e a forma em que se apresenta, que pode aumentar o custo do transporte; o risco de contaminação e de danos à cultura pelo uso incorreto ou o processamento inadequado de fontes como os estercos de animais (SUGITO et al., 2023).

Outro ponto a ser observado na utilização de adubos orgânicos é a perda do nitrogênio na sua forma amoniacal, que por ser um elemento volátil, quando fontes orgânicas como os estercos de animais são submetidos a processos de compostagem ou métodos que envolvem altas temperaturas, pois as temperaturas elevadas vão aumentar a emissão de amônia levando à volatilização do nitrogênio em maior quantidade. Quanto maior a temperatura, maior será a perda de nitrogênio, e dependendo do processo de secagem do esterco e da temperatura atingida, essa perda pode chegar em valores entre 44 – 55 % (LI; LI; TONG, 2021).

A emissão de amônia pelo esterco da galinha está associado diretamente ao teor de umidade, sendo que a conversão de ureia em NH_4^+ se inicia quando a ave excreta, pois o

nitrogênio é eliminado na forma de ácido úrico (LI; LI; TONG, 2021). Quanto maior for o tempo de exposição desse material às condições locais como pH e temperatura elevados, maior será essa emissão de amônia e a perda de nitrogênio para a atmosfera. Foi verificado, ainda nos experimentos de LI, LI e TONG (2021), que quando a umidade do composto se estabiliza, ou seja, apresenta baixa umidade e perdas pouco significantes de água, as perdas de nitrogênio também irão se estabilizar, a quantidade do elemento presente no composto apresenta pouca variação.

A perda de nitrogênio pode ter um impacto significativo na qualidade dos fertilizantes orgânicos e na eficácia de sua aplicação na agricultura. Essa perda reduz a quantidade disponível para a planta, afetando diretamente o desenvolvimento da cultura, sendo necessária a aplicação em volume e frequência maiores quando comparado a um adubo estável com uma considerável quantidade de nitrogênio na sua composição (BETTIOL, 2023).

2.7 Imobilização de nitrogênio

Quando materiais ricos em nitrogênio são submetidos a tratamentos com altas temperaturas, as moléculas do nitrogênio presentes podem sofrer alterações nas suas composições químicas e estruturais, transformando compostos alifáticos lábeis em estruturas aromáticas heterocíclicas. Estas estruturas são mais estáveis e proporcionam maior resistência à degradação do material no solo, podendo imobilizar o nitrogênio de forma momentânea, tornando-o indisponível por curto ou médio prazos.

A vantagem da redução da biodisponibilidade do nitrogênio a curto prazo é seu aproveitamento em culturas agrícolas de ciclo longo que, quando fertilizadas com materiais orgânicos de liberação rápida de nutrientes, acabam apresentando deficiência nutricional durante seu ciclo de produção, necessitando assim, de um número maior de adubações ao longo do ciclo (DARAMY et al., 2020).

Testando diversas temperaturas, foi possível avaliar e estimar sobre a biodisponibilidade do nitrogênio quando o esterco de galinha carbonizado é aplicado no solo. DARAMY et al (2020) em seus experimentos, constataram que a biodisponibilidade foi melhorada quando as temperaturas da máquina chegaram a até 350 °C. Mesmo apresentando perda de 16,5 % do N total do esterco, as alterações na composição química e a transformação das estruturas aromáticas em heterocíclicas foram responsáveis por este efeito. Quando as temperaturas chegaram em 500 °C e 600 °C, a biodisponibilidade de nitrogênio foi afetada negativamente.

As condições de carbonização necessárias para instituir essas alterações ótimas que poderiam estabilizar e sustentar a biodisponibilidade de N do esterco de galinha no solo são

desconhecidas. Não se encontram disponíveis literaturas específicas sobre os efeitos dos parâmetros de carbonização nas propriedades físico-químicas e os efeitos do esterco de galinha carbonizado na melhoria da fertilidade do solo e na produtividade das plantas (DARAMY et al., 2020).

2.7 Experimento em vasos visando avaliar a disponibilização de nutrientes

Os bioensaios ou métodos de experimentação com utilização de vasos em casa de vegetação, são comumente usados em pesquisas que visam avaliar a disponibilidade de nutrientes em determinado composto.

A falta de referência sobre a disponibilidade de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta é uma das limitações encontradas na utilização agrícola de adubos orgânicos. Visando estabelecer um referencial, o método de bioensaios com vasos, torna-se uma alternativa para avaliar a capacidade de recuperação de nitrogênio presentes em diferentes compostos (LEAL et al., 2010).

2.7.1 Experimentos de vasos com milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum*) pertence a família das gramíneas, sua origem e domesticação acredita-se estar na África Ocidental, pesquisas arqueobotânicas confirmaram a presença da espécie por volta de 2500 - 2000 aC. A adaptabilidade da espécie a condições ambientais adversas como altas temperaturas, baixa disponibilidade de água e baixa fertilidade do solo, foram características necessárias para a fácil disseminação da espécie (KANGAMA, 2021).

O milheto é utilizado em diversos trabalhos que avaliam a recuperação de nitrogênio. Leal et al. (2010) durante sua pesquisa, avaliou a recuperação do nutriente em diferentes compostos orgânicos, obtendo resultados onde o composto que apresentou maior recuperação de nitrogênio foi aquele que apresentou maior teor do nutriente na sua composição. Goulart (2020) em sua avaliação de recuperação de nitrogênio com bioensaios, utilizando diferentes composições de compostos fermentados, concluiu que altos valores de recuperação de nitrogênio são indicativos de que o composto apresenta alta taxa de decomposição resultando em maior liberação líquida do nutriente. Em um contraponto, concluiu que compostos que tiveram baixa taxa de recuperação, apresentam taxa de decomposição lenta, fator que pode limitar o desenvolvimento de plantas de ciclo curto. Em ambos os trabalhos, a metodologia de bioensaios em vasos mostrou-se eficiente para estabelecer um padrão de velocidade da disponibilização de nitrogênio presente em diversos compostos orgânicos.

2.7.2 Experimentos de vasos com couve

A couve pertence a família das hortaliças *Brassicaceae*, é uma planta arbustiva propagada por sementes, com caule ereto que emite folhas novas durante todo o ciclo da planta. É considerada uma cultura bianual apesar de em diferentes regiões do país apresentar produtividade anual. Possui uma gama extensa de cultivares com variações fenológicas e sensoriais, apresentando valores comerciais e popularidade divergentes (FILGUEIRA, 2013).

Por se tratar de uma espécie mais rústica, é possível obter uma boa produtividade no cultivo desta planta, a couve se desenvolve bem em solos argilosos com pH variando entre 5,5 e 6,5, temperatura média de 25 °C e umidade relativa do ar em torno de e alta demanda hídrica. Em condições ótimas de cultivo, é possível realizar a primeira colheita entre 50 e 60 dias após o transplantio (FIGUEIRA, 2013; ALIAS et al., 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Obtenção do esterco de aves desidratado.

O esterco de galinha desidratado foi obtido em Santa Maria de Jetibá-ES, município maior produtor de ovos do Brasil. O processo de desidratação foi realizado em equipamento que consiste em um cilindro rotativo por onde passa um fluxo de ar quente gerado em forno abastecido com cavacos de madeira. Nesse processo, o esterco, é deslocado através das esteiras localizadas sob as gaiolas das galinhas poedeiras diretamente para o depósito de resíduo e em seguida, através de outra esteira, segue para o cilindro rotativo, que alcança temperaturas que variam entre 500 °C na extremidade próxima ao forno e 150 °C na extremidade oposta, por onde é inserido o esterco fresco. Ao se deslocar ao logo do cilindro rotativo, o esterco é desidratado e tem sua textura pastosa modificada para grânulos. Ao deixar o cilindro rotativo, o esterco apresenta baixa umidade, reduzida para valores próximos de 13%.

Foram coletadas amostras frescas e amostras secas antes de depois do esterco de poedeiras passar pelo do equipamento de desidratação. Estas amostras foram coletadas em triplicata, em diferentes dias/horários. As amostras frescas foram acondicionadas em potes plásticos de 1000 ml e armazenadas em ambiente à 1,0 °C, as amostras secas foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes e armazenadas no laboratório da Embrapa Agrobiologia em Seropédica.

3.2- Caraterização do esterco de aves desidratado.

3.2.2- Característica física.

A densidade em base seca foi determinada por meio da auto compactação da amostra em proveta de 500 ml, conforme método descrito por Brasil (2007).

3.2.1- Características químicas.

Foram avaliados pH, condutividade elétrica, teor de C, teores totais e disponíveis de N, Ca, Mg, P e K, relação C/N e estabilidade, que foi determinada por meio das emissões potenciais de CO₂ e de NH₃.

As análises de pH foram realizadas em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica quantificada no mesmo extrato aquoso obtido para a medição do pH, de acordo com o método descrito por Brasil (2007).

Os teores totais de C e de N foram determinados por meio de analisador elementar. Os

teores totais de Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio de digestão da amostra, conforme o método descrito por Teixeira et al. (2017). Os teores disponíveis de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meios de extração. Para Ca e Mg foi utilizada solução extratora de KCl 1,0 M e para K e P solução extratora Mehlich 1, conforme descrito por Teixeira et al. (2017). A extração do N foi realizada por meio de solução de KCl 1,0 M, seguida de digestão com adição de Liga de Devarda, conforme metodologia descrita por Liao (1981). A proporção da fração disponível dos nutrientes (em %) foi calculada dividindo-se o teor disponível pelo teor total do nutriente, e multiplicando-se este resultado por 100.

As emissões potenciais de CO₂ e de NH₃ foram quantificadas conforme metodologia descrita por Leal (2020).

3.2.3- Contaminação com metais pesados.

Nas amostras obtidas do esterco de galinha poedeira seca e no esterco de galinha poedeira fresco, foram determinados os teores totais para os seguintes elementos: Cu, Zn, Pb, Fe, Mn, Ni, Cr e Al. Foi utilizado o método de digestão 3050B proposto pela USEPA (1996) e a concentração dos elementos foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica, em equipamento modelo Varian 55B com capacidade sequencial rápida e correção com lâmpada de deutério.

Todas essas características foram avaliadas em triplicata e comparações entre os resultados obtidos do esterco fresco e do esterco carbonizado foram realizadas por meio do teste t de Student ao nível de significância de 5,0%.

3.3- Experimentos para avaliação da biodisponibilidade do nitrogênio:

Visando avaliar a capacidade de disponibilização do N presente no esterco de poedeira desidratado/carbonizado para as culturas, foram realizados dois experimentos de vasos, sendo um para avaliar a disponibilização de N em curto prazo (aproximadamente 30 dias) e outro para avaliar a disponibilização de N em médio prazo (entre 30 e 120 dias).

3.3.1- Experimento de bioensaios em vasos para avaliar a recuperação do N no curto prazo.

Foi utilizada a metodologia descrita por Leal et al. (2010), adaptada do que foi descrito por Neubauer & Schneider (1923) apud Malavolta (1959). O milheto (*Pennisetum glaucum*), plantado em alta densidade, foi utilizado para manter um alto potencial de assimilação do N

liberado pelos materiais testados, possibilitando que o N quantificado na biomassa seja uma leitura muito próxima do N disponibilizado no solo.

O experimento foi implantado no dia 2 de março de 2023 e conduzido em casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia (Figura 1). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos. Foram adotadas quatro repetições e cada repetição consistiu em um vaso de 650 ml com coletores da solução lixiviada. A quantidade de fertilizante utilizada correspondeu à dose de 0,15 g de N por vaso, equivalente a 500 kg ha⁻¹ de N. Os fertilizantes usados foram:

- 1- Esterco fresco;
- 2- Esterco carbonizado.
- 3- Prótotipo de N-Verde.
- 4- Torta de mamona.

Estes foram misturados com areia lavada em proporções que resultaram em volume suficiente para preencher totalmente os vasos. Foram utilizadas 30 sementes de milheto por vaso sem desbaste. Adicionando-se, aos 7, 14 e 21 dias após o plantio do milheto, 50 ml de solução nutritiva isenta de N, mas contendo micronutrientes e os demais macronutrientes.



Figura 2. Experimento de milheto em vasos conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia. Fonte: Renata Alves.

As plantas foram coletadas aos 28 dias após a semeadura, haja vista ser este o maior período de desenvolvimento antes do início da senescência das folhas mais velhas. Na coleta, as raízes foram minuciosamente lavadas em água corrente. Em seguida, raízes e parte aérea foram colocadas em sacos de papel, secas em estufa (> 72 h, 65 °C), pesadas e moídas em moinho tipo Wiley. As análises de teor de N foram realizadas na Embrapa Agrobiologia, utilizando o

procedimento operacional descrito por Teixeira et al. (2017).

Foi avaliada a produção de matéria seca pelas plantas de milheto (raízes mais parte aérea), o teor de N nas plantas de milheto e a percentagem de recuperação do N. A percentagem de recuperação de N foi calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Recuperação (\%)} = ((\text{Ntrat} - \text{Ntes}) / \text{Nad}) \times 100$$

onde:

Ntrat = N recuperado nas plantas de milheto de cada tratamento.

Ntes = N contido nas plantas de milheto da testemunha sem adubação.

Nad = N adicionado como fertilizante.

A análise estatística foi realizada por meio do teste F de variância, seguido de teste de Scott-Knott para comparação dos tratamentos.

3.3.2- Experimento em vasos para avaliar a biodisponibilidade do N no médio prazo.

A biodisponibilidade em médio prazo de N para plantas também foi investigada por meio de um experimento com o cultivo de couve em vasos realizado em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia (Figura 2). Foram avaliados cinco fertilizantes orgânicos:

- 1- Testemunha absoluta.
- 2- Esterco de aves in natura.
- 3- Esterco de aves carbonizado.
- 4- Torta de mamona.
- 5- Protótipo de N-verde.

O protótipo de N-verde é um fertilizante orgânico granulado constituído por folhas e pequenos caules de Griricídia, que é uma leguminosa arbustiva com elevado potencial para fixação de N em sibolse com bactérias diazotróficas (BORGES; XAVIER; CARVALHO, 2022). O protótipo de N-verde foi utilizado em razão do seu elevado potencial para utilização em sistemas orgânicos, sendo empregado um protótipo com quatro anos de prateleira.

O experimento foi realizado em esquema parcela dividida, sendo os cinco fertilizantes na parcela e oito épocas de colheita na subparcela, dispostos em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições.

Os resultados desta análise foram apresentados em formato de gráfico em função do tempo contendo as curvas de produção acumulada de massa seca obtida a partir de cada fertilizante.



Figura 3. Plantio de couve em vasos na casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia. A figura A representa o dia do transplante das mudas. A Figura B representa as plantas em estágio de desenvolvimento e ponto de colheita. Fonte: Renata Alves.

O solo foi coletado de acordo com o proposto por EMBRAPA (1997), sendo posteriormente peneirado em malha de 2 mm e colocado para secar de modo a atingir o ponto de TFSA (terra fina seca ao ar). Em seguida, o solo foi transferido para uma betoneira, onde recebeu as doses de calcário e de fosfato natural recomendadas. Posteriormente, os vasos de 4,5 L foram preenchidos com o solo corrigido e aplicadas as doses de fertilizante que foram misturados com o solo e homogeneizados, utilizando como padrão 200 kg N/ha.

Foram utilizadas mudas de *Brassica oleracea* (couve) produzidas na Fazendinha Agorecológica do Km 47. Uma muda de couve por vaso foi plantada. Os vasos foram regados todos os dias e as plantas espontâneas foram removidas.

As colheitas foram realizadas quando folhas em ponto de colheita estavam disponíveis. Isto ocorreu aos 43, 48, 55, 62, 71, 84, 89, 118 dias após o plantio. Ao 118 dias, avaliou-se também a produção total de massa fresca, incluindo folhas comerciais, folhas não comerciais, caule e parte aérea. Neste caso, a análise estatística foi realizada por meio de teste F de variância, e posterior utilização do teste Skott-Knott para agrupamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Avaliação das características físicas do esterco de galinha poedeira.

Os resultados apresentados na tabela 3 comparam amostras do esterco fresco e do esterco carbonizado. A umidade do esterco fresco quando, submetido ao processo de carbonização, apresentou um decréscimo superior a 50% do valor observado na amostra fresca. O método de carbonização, que envolve altas temperaturas (aproximadamente 500 °C), levou à alta desidratação da amostra, mas não chegou ao nível de desidratação total, mantendo 26,2% de umidade no material. Consequentemente, os valores de teor de massa seca e densidade seca aumentaram e o valor de densidade úmida diminuiu. O mesmo resultado foi encontrado no estudo de LI, LI e TONG (2021), quando submeteram amostras de esterco fresco a altas temperaturas.

A densidade seca não variou muito, porque o processo de carbonização alterou a umidade e a densidade úmida de forma significativa, mas a massa total da fração seca permaneceu relativamente estável. Isso sugere que, apesar da remoção de compostos voláteis, a estrutura sólida do esterco carbonizado não mudou drasticamente em termos de peso por volume.

Tabela 2 - Valores de umidade, teor de massa seca, densidade úmida e densidade seca observados nos estercos fresco e carbonizado.

	Umidade	Teor de massa seca	Densidade úmida	Densidade seca	
				g L ⁻¹	
Esterco fresco	73,6 A	24,4 B	1357,8 A	335,1	B
Esterco carbonizado	26,2 B	73,8 A	584,7 B	431,0	A
CV%		5,16	5,16	2,71	3,04

4.2 Avaliação das características químicas do esterco de galinha poedeira.

Os valores de pH variaram entre as duas amostras (tabela 4), sendo que o esterco que passou pelo processo de carbonização apresentou um valor maior comparado ao esterco fresco. A alteração do pH com o aumento da temperatura pode ser ocasionada por reações químicas como a mineralização da matéria orgânica e a dissolução de minerais, podendo resultar na liberação de bases ou redução de ácidos, aumentando o valor do pH (BARROS et al., 2021). Resultado semelhante foi encontrado no estudo realizado por Daramy et al. (2020) quando submeteu esterco de galinha poedeira ao processo de carbonização com diferentes temperaturas. Como a absorção de nutrientes pelas plantas pode ser influenciada pelo pH do solo, o uso de

fertilizantes com pH mais básico pode melhorar a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

O esterco fresco apresentou maior condutividade elétrica quando comparado ao esterco carbonizado, o que difere dos resultados obtidos por Daramy et al. (2020), observando que quando o esterco foi submetido a altas temperaturas, sua condutividade elétrica aumentou. A quantidade e a forma como os sais solúveis e íons interagem na amostra do esterco carbonizado, podem ter contribuído para este resultado. Feitosa et al. (2020) obtiveram o mesmo resultado em seu estudo com biocarvão.

Observa-se na tabela 4 que o valor de emissão de CO₂, que é um importante indicador de estabilidade, foi significativamente inferior no esterco carbonizado, o que era esperado devido ao processo de carbonização. O esterco fresco apresentou maior emissão de NH₃ quando comparado ao esterco carbonizado (tabela 4). Isto também era esperado e indica que o esterco fresco conservou grande parte do seu nitrogênio lábil, pois não foi submetido à altas temperaturas e foi armazenado em ambiente refrigerado. O esterco carbonizado foi exposto a altas temperaturas e apresentou taxa de emissão menor do que a amostras do esterco fresco por ser um composto mais estabilizado. Os processos para conformidade do esterco na agricultura orgânica que submetem a matéria a altas temperaturas, como compostagem e carbonização, proporcionam essa estabilidade (BETTIOL et al., 2023).

Tabela 3 - Valores de pH, condutividade elétrica e emissões potenciais de CO₂ e de NH₃ observados nos estercos fresco e carbonizado.

	pH	Condutividade elétrica		CO₂	NH₃
		---- μS cm ⁻¹ ---	----- mg g MS dia ⁻¹ -----		
Esterco fresco	7,71 B	6,40 A	30,65 A	3,95 A	
Esterco carbonizado	7,93 A	4,75 B	19,88 B	1,51 B	
CV%	0,64	5,11	6,67%	20,99	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de significância de 5,0%

Não foram observadas diferenças significativas dos teores de C e de N entre os estercos fresco e carbonizado (tabela 5), o que demonstra que o processo de carbonização não promove perdas significativas de C e de N. Porém, a relação C/N do esterco carbonizado foi significativamente inferior à do esterco fresco. Esse parâmetro pode indicar o estágio de decomposição do material e a disponibilidade de nutrientes na amostra. Resultado semelhante foi encontrado em estudo realizado por Cely et al. (2015) ao avaliarem diferentes composições de biochar submetidos ao processo de carbonização.

Tabela 4 - Teores totais de C, N a relação C/N dos estercos fresco e carbonizado.

	C	N	Relação C/N
----- g kg ⁻¹ -----			
Esterco fresco	386,90 A	36,34 A	10,67 A
Esterco carbonizado	339,80 B	40,97 A	8,33 B
CV%	5,65	8,18	8,34

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de significância de 5,0%

Após o processo de carbonização, as moléculas de carbono podem ter sido degradadas mais facilmente e volatilizaram. Conclusão que complementa-se ao observar o aumento da quantidade de nitrogênio nas amostras de esterco carbonizado.

Foram avaliados os teores totais, os teores disponíveis e a porcentagem do conteúdo disponível em relação ao conteúdo total de N, Ca, Mg, P e K nas amostras de esterco fresco e esterco carbonizado (tabelas 6, 7 e 8).

Observa-se diferenças significativas em relação ao teor total apenas para Ca, com o esterco carbonizado apresentando o menor valor.

A quantidade de cálcio disponível nas amostras também diferiu (tabela 7), sendo menor na amostra de esterco carbonizado. A elevação da temperatura pode alterar o equilíbrio das reações, resultando em compostos insolúveis de cálcio, se apresentando na forma indisponível como o carbonato de cálcio, afetando a qualidade nutricional do composto (PENG e LIU, 2019).

Tabela 5 - Teores totais de Ca, Mg, P e K dos estercos fresco e carbonizado.

	Ca	Mg	P	K
----- g kg ⁻¹ -----				
Esterco fresco	90,58 A	6,04 A	12,48 A	22,89 A
Esterco carbonizado	64,06 B	5,74 A	11,81 A	23,15 A
CV%	5,01	7,96	3,46	8,32

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de significância de 5,0%

Em relação aos teores disponíveis de macronutrientes, observa-se na tabela 7 que o esterco carbonizado apresenta teor disponível de N significativamente inferior, o que pode ser explicado pelo processo de imobilização química deste nutriente em cadeias heterocíclicas formadas devido às elevadas temperaturas, conforme descrito por Daramy et al. (2020).

Quando submetido ao processo de carbonização, as composições químicas e estruturais junto com a formação de compostos alifáticos lábeis em estruturas aromáticas heterocíclicas,

aumentaram a estabilidade da estrutura química do elemento promovendo uma maior resistência a degradação biológica no solo e consequentemente resultando na bioindisponibilidade do nitrogênio para as plantas. Resultado semelhante foi encontrado nos estudos de Cely (2015).

Tabela 6 - Teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K dos estercos fresco e carbonizado.

	N	Ca	Mg	P	K					
-----g kg ⁻¹ -----										
Esterco fresco	17,92	A	14,48	A	4,48	A	9,47	A	22,92	A
Esterco carbonizado	12,37	B	10,59	B	4,34	A	9,08	A	26,60	A
CV%	6,72		6,41		4,61		5,37		13,95	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de significância de 5,0%

Os resultados de proporção do conteúdo disponíveis (tabela 8) foram semelhantes aos observados para os conteúdos total e disponível, sendo que apenas o N apresentou diferença significativa.

Tabela 7 - Proporção (%) do conteúdo disponível em relação ao conteúdo total de N, Ca, Mg, P e K dos estercos fresco e carbonizado.

	N	Ca	Mg	P	K					
-----%-----										
Esterco fresco	49,43	A	16,00	A	74,41	A	75,84	A	100,63	A
Esterco carbonizado	30,43	B	16,56	A	75,72	A	76,87	A	115,20	A
CV%	11,23		6,34		4,64		4,63		15,97	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de significância de 5,0%

4.3 Avaliação de metais pesados contidos nas amostras de esterco de galinha poedeira.

A tabela 9 apresenta os teores de metais pesados contidos nas amostras de esterco de galinha fresco e esterco de galinha carbonizado. Os níveis observados encontram-se dentro do permitido pela legislação de orgânicos (portaria do MAPA nº 52/2021).

Os níveis dos elementos ferro, manganês e alumínio, apresentaram diferença significativa entre as amostras, o esterco carbonizado apresentou maiores valores nos índices indicadores de metais pesados quando comparado ao esterco fresco. A perda de volume da amostra, o efeito da temperatura, a quebra de ligações e a perda de elementos, são fatores que podem ter influenciado no aumento dos níveis dos metais mencionados (FEITOSA et al., 2020). Resultados semelhantes são em contratos em pesquisas com biocarvão.

Tabela 8 - Teores totais de metais pesados observados os estercos fresco e carbonizado.

	Cu	Zn	Pb	Fe
----- mg kg ⁻¹ -----				
Esterco fresco	53,53 A	808,08 A	<L.D.	408,37 B
Esterco carbonizado	54,63 A	812,98 A	<L.D.	459,48 A
CV%	1,74	1,27	--	4,7

	Mn	Ni	Cr	Al
----- mg kg ⁻¹ -----				
Esterco fresco	354,85 B	<L.D.	<L.D.	0,00 B
Esterco carbonizado	423,45 A	<L.D.	<L.D.	130,92 A
CV%	0,94	--	--	28,37

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de significância de 5,0%.

<L.D.= valores abaixo do nível de detecção do método empregado.

4.4 Avaliação do efeito do uso de diferentes fertilizantes na produtividade do milheto em vasos.

A tabela 10 apresenta os resultados de recuperação do N contido em diferentes adubos orgânicos por meio de plantas de milheto. Também foram avaliados a produção de massa seca, o teor de nitrogênio e o N acumulado. As plantas de milheto com 28 dias de crescimento podem ser observadas na figura 3.

Tabela 9 - Produção de massa seca de milheto (parte aérea + raiz), teor de N no milheto, acúmulo de N no milheto e recuperação do N pela planta de milheto observados nos estercos fresco e carbonizado e em outros fertilizantes orgânicos de referência.

	Massa seca	Teor de N	N acumulado	Recuperação do N
	g vaso ⁻¹	g kg ⁻¹	mg vaso ⁻¹	%
Esterco fresco	3,52 A	9,96 B	34,70 A	21,13 A
Esterco carbonizado	1,44 C	12,55 B	17,58 B	9,71 B
N-Verde	1,49 C	15,05 A	21,10 B	15,19 B
Torta de mamona	2,47 B	15,46 A	36,14 A	22,29 A
CV%	28,07	19,14	20,02	22,51

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Sott-Knott ao nível de significância de 5,0%

A recuperação de nitrogênio apresentou maior percentual na torta de mamona (22,29 %), altos valores indicam que uma maior quantidade de nitrogênio foi disponibilizado para a planta.

Resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos de pesquisa com bioensaio de Pian (2019) e Goulart (2020) quando avaliaram a recuperação de nitrogênio em diferentes compostos fermentados. Observa-se que o esterco fresco apresentou recuperação semelhante à torta de mamona e significativamente superior a do esterco carbonizado, que apresentou o menor valor dentre os fertilizantes avaliados, apesar de significativamente semelhante à recuperação de N do protótipo do N-verde. Este resultado comprova a hipótese de que o processo de carbonização promove a imobilização química do N contido no esterco de aves, sendo que este experimento avaliou apenas a disponibilização de N em curto prazo (28 dias).



Figura 4. Milheto aos 28 dias após o plantio. Figura A representando o tratamento esterco fresco, figura B o tratamento esterco carbonizado, figura C o tratamento N-Verde e a figura D o tratamento da torta de mamona. Fonte: Renata Alves.

A produção de massa seca do milheto foi influenciada pelas distintas composições utilizadas como fonte de nitrogênio para a cultura. O esterco fresco teve a maior produção de matéria seca por vaso (3,52g) enquanto o esterco carbonizado teve a menor (1,44g). O protótipo N-Verde teve o maior teor de nitrogênio (15,05 g/kg). A torta de mamona teve o maior acúmulo de nitrogênio por vaso (36,14 mg) enquanto o esterco carbonizado teve o menor (17,58 mg).

4.5 Avaliação do efeito do uso de diferentes fertilizantes na produtividade da couve em

vasos.

Durante o experimento não foram observados danos visíveis nas folhas das plantas como clorofores e necrose, representando ausência de sinais a possíveis danos causados pelos fertilizantes utilizados. Para variável massa fresca acumulada houve efeito significativo de tratamento, tempo e da interação entre esses fatores, conforme apresentado na tabela 11.

Tabela 10 - Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo na subparcela, apresentando os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das subparcelas.

	Nível de significância			CV%	
	Tratamento	Tempo	Interação	Parc.	Sub-Parc.
Massa fresca acumulada	0,005 **	<0,001 **	<0,001 **	100,91	22,68

**: significativo ao nível de 1,0%;

A figura 4 apresenta o desdobramento da interação tratamento x tempo. Observa-se que o tratamento esterco fresco apresentou a maior produção de massa fresca acumulada em todas as épocas de colheita, o que revela maior capacidade de fornecimento de N por meio deste adubo orgânico. O tratamento esterco carbonizado não proporcionou aumento da produção massa seca de couve ao longo do tempo, ao contrário do que foi observado por Daramy et al. (2020), sendo um indicativo de que a imobilização química do N proporcionada pelo processo de carbonização se estende além dos 120 dias.

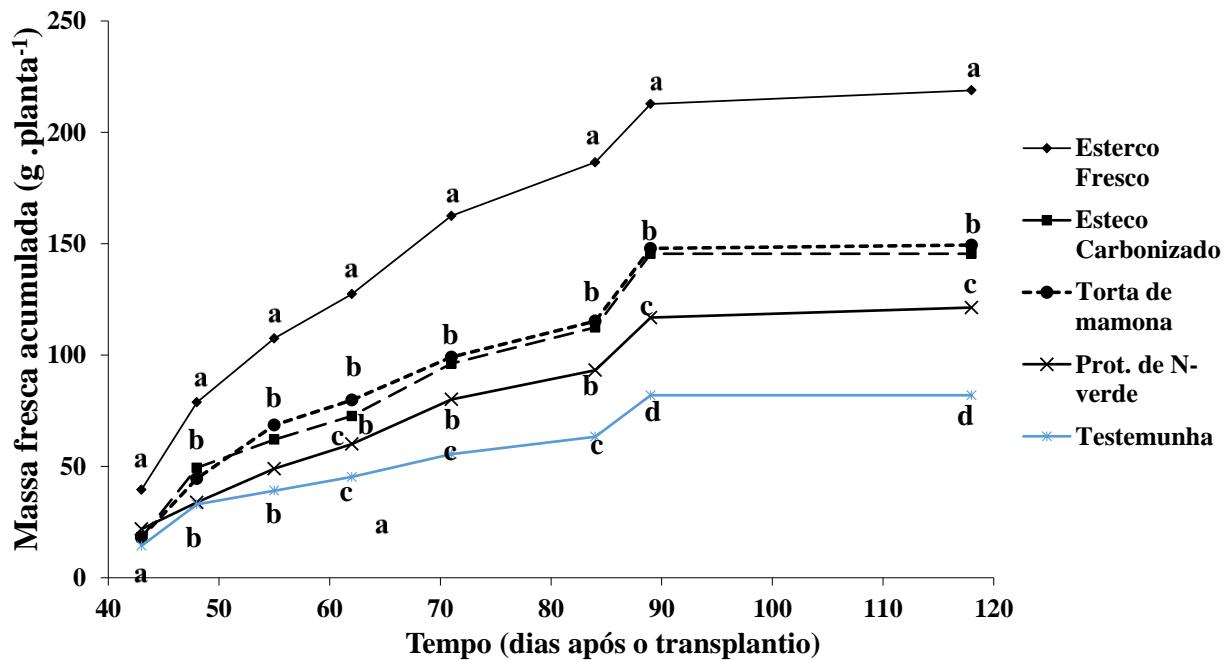


Figura 4: Massa fresca acumulada de plantas de couve adubadas com diferentes fertilizantes orgânicos. Valores seguidos da mesma letra em cada época não diferem entre si pelo teste de Sott-Knott ao nível de significância de 5,0%

O tratamento esterco fresco também apresentou os maiores valores de produção total de folhas comerciais (acumulado por 120 dias), significativamente superiores aos demais tratamentos, incluindo o esterco carbonizado, o que reforça a hipótese de imobilização química do N devido ao processo de carbonização.

Tabela 11 - Produção total de massa fresca, incluindo folhas comerciais, folhas não comerciais, caule e raiz colhida aos 120 dias após o transplante.

Produção total de massa fresca	
	----- g planta ⁻¹ -----
Esterco fresco	345,1 A
Esterco carbonizado	257,7 A
Torta de mamona	253,9 A
N-Verde	181,5 B
Testemunha absoluta	149,7 B
CV%	33,48

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Sott-Knott ao nível de significância de 5,0%

Quanto ao valor de produção total de massa fresca das plantas de couve (tabela 12), o

esterco fresco, o esterco carbonizado e a torta de mamona não obtiveram valores que diferiram significantemente ao nível de 5% entre si, obtendo os maiores valores, consequentemente, apresentaram melhor desenvolvimento da planta quando comparado ao protótipo de N-verde e à testemunha.

5 CONCLUSÕES

- A carbonização do esterco de poedeira promove o aumento no pH e a redução da condutividade elétrica, da emissão de NH₃, do teor total de C, da relação C/N, do teor total de Ca e dos teores total e disponível de N em relação ao esterco de poedeira fresco. Não foram observadas diferenças significativas no teor total de N, teor disponível de Ca, teores totais e disponíveis de Mg, P e K e das emissões potenciais de CO₂.
- Os níveis de metais pesados presentes na amostra de esterco carbonizado estão em conformidade com a legislação de orgânicos;
- O processo de carbonização da cama de frango reduz a disponibilidade do N presente neste fertilizante no curto prazo (30 dias) e no médio prazo (120 dias).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo obteve resultados que contribuem para avaliar a possibilidade de utilização do esterco de aves carbonizado na agricultura orgânica, pois este processo minimiza o tempo de tratamento em relação ao processo de compostagem atualmente preconizado.

Através dos resultados do estudo realizado, podemos inferir que o esterco de galinha poedeira carbonizado apresentou desempenho satisfatório quando comparado a outros fertilizantes utilizados em cultivos orgânicos.

O eventual efeito de imobilização química química do N presente no esterco de poedeira desidratado pode ser positivo, pois a Agricultura Orgânica evita a utilização de fertilizantes de elevada solubilidade, devido aos efeitos prejudiciais às plantas e ao solo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIAS, N. S. B. et al. Priming and temperature effects on germination and early seedling growth of some *Brassica* spp. **Acta Horticultae**, n. 1225, p. 407–414, nov. 2018.

ALVES, T. N.; et al. Desempenho produtivo da couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) consorciada com quiabeiro sob manejo orgânico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e34891210943-e34891210943, 26 dez. 2020.

BARROS, F. M. et al. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água resíduária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 47–51, 4 ago. 2021.

BETTIOL, W. et al. Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. **Embrapa Meio Ambiente**, ed. 1, p. 788. Brasília 2023.

BORGES, A. L.; XAVIER, F. A. da S.; CARVALHO, J. E. B. de. **N-verde substitui parte do N-mineral na produção de laranjeira 'Pera'**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 481, de 3 de outubro de 2017**. Estabelece diretrizes ambientais para a destinação de materiais recicláveis descartados por órgãos e entidades da administração pública federal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 05 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Instrução Normativa SDA N° 17, de 21 de maio de 2007. **Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos**. Diário Oficial da União. Brasília, 24 de maio 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020**. Estabelece as regras sobre

definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura, revoga a IN 25 SDA e dá outras providências. Brasília: MAPA, 2020.

CELY, P. et al. Agronomic properties of biochars from different manure wastes. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 111, p. 173–182, jan. 2015.

CHASTAIN, J. P.; CAMBERATO, J.; SKEWES P. **Poultry Manure Production and Nutrient Content.**

CHU, L. et al. Dissipation Dynamics of Doxycycline and Gatifloxacin and Accumulation of Heavy Metals during Broiler Manure Aerobic Composting. **Molecules/Molecules online/Molecules annual**, v. 26, n. 17, p. 5225–5225, 28 ago. 2021.

COELHO CAMARA, M. C.; NODARI, R. O.; GUILAM, M. C. R. Regulamentação sobre bio(in)segurança no Brasil: a questão dos alimentos transgênicos. **Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis**, v. 10, n. 1, 19 jun. 2013.

COSTA et al. **O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos**. Revisão científica, UFRP, 2015.

DARAMY, M. A.; KAWADA, R.; OBA, S. **What Is the Threshold Carbonization Temperature for Sustainable Preservation of the Good Nitrogen Supply Ability of Chicken Manure**. Sustainability, 2020.

EDWARDS, D. R.; DANIEL, T. C. **Environmental Impacts of On-Farm Poultry Waste Disposal A Review**. Bioresource Technology. USA, p. 9-33, 1992.

MITCHELL, C. C.; DONALD, J. O. **The Value and Use of Poultry Manures as Fertilizer**. Alabama Cooperative Extension System. Alabama, jan 1999, ANR-244.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 421 p.

GUAN, P. et al. Enriching organic carbon bioavailability can mitigate soil acidification induced by nitrogen fertilization in croplands through microbial nitrogen immobilization. **Soil Science Society of America Journal**, v. 86, n. 3, p. 579–592, 27 abr. 2022.

GULNAZ GALIEVA et al. PATHOGENIC POLLUTION OF CROPS CAUSING BY CHIKEN MANURE BASED FERTILIZERS. **International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM**, 27 dez. 2022.

HIMATHONGGKHAM, S.; RIEMANN, H. **Destruction of *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli O157:H7* and *Listeria monocytogenes* in chicken manure by drying and/or gassing with ammonia.** FMS Microbiology Letters. USA, p. 179-182, 1999.

JOGAIB, E. B. V.; et al. **Evolução do ganho de peso de bovinos confinados alimentados com fontes variadas de proteína.** PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia. Goiás, v. 2, n. 2, Jan, 2008.

CHEICK OUMAR KANGAMA. Pearl millet (*Pennisetum glaucum*) perspectives in Africa. **International Journal of Science and Research Archive**, v. 2, n. 2, p. 01–07, 30 maio 2021.

GOULART, J. M. **Estratégias de produção in situ de biomassa de leguminosas arbustivas e arbórea para confecção de compostos fermentados empregados na fertilização de cenoura e alface consorciadas em cultivo orgânico.** 2020. 76p Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo: Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación.** Barcelona, Oikos-Tou, 1982. 365p.

LEAL, M. A. A. **Método de avaliação da estabilidade de materiais orgânicos por meio de emissões potenciais de CO₂ e de NH₃.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2020. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 316). ISSN: 1517-8498.

LI, X.; LI, B; TONG, Q. **The Effect of Drying Temperature on Nitrogen Loss and Pathogen Removal in Laying Hen Manure.** Sustainability. China, 2020.

LIAO, C. F. H. Devarda's Alloy Method for Total Nitrogen Determination. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, n. 5, 1981.

MUHAMMAD, J. et al. Application of poultry manure in agriculture fields leads to food plant contamination with potentially toxic elements and causes health risk. **Environmental Technology & Innovation**, v. 19, p. 100909, 1 ago. 2020.

NGOGANG, M. P. et al. Microbial Contamination of Chicken Litter Manure and Antimicrobial Resistance Threat in an Urban Area Setting in Cameroon. **Antibiotics**, v. 10, n. 1, p. 20, 1 jan. 2021.

OLIVEIRA, G. M. **Avaliação de esterco de aves poedeiras compostado e desidratado no desempenho agronômico de alface**. 2022. 33p Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

PENG, J.; LIU, Z. Influence of temperature on microbially induced calcium carbonate precipitation for soil treatment. **PLOS ONE**, v. 14, n. 6, p. e0218396, 18 jun. 2019.

PIAN, L. B. **Influência da fertilização de origem vegetal em atributos biológicos e químicos do solo e no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistemas orgânicos**. 2019. 136 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

RANADHEERA, C. S.; et al. **Strategies for eliminating chicken manure odour in horticultural applications**. World's Poultry Science Journal: v. 73, June 2017.

RIGUEIRA, G. D. J. et al. Atividade antioxidante e teor de fenólicos em couve-manteiga (*brassica oleracea* l. var. *acephala*) submetida a diferentes sistemas de cultivo e métodos de preparo. **Seminário: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 37, n. 2, p. 3, 26 dez. 2016.

SALDANHA, C. F.; RIBEIRO, K. D. **Eficácia do Composto de cama de Frango como Adubo Orgânico no Cultivo de Alface (*Lactuca sativa* L.) em Ambiente Protegido**. Sustentare. Minas Gerais, v. 5, n. 1, p. 60, Jan./Jul. 2021.

SANTOS, L. et al. Políticas públicas para o comércio de produtos orgânicos no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 447–459, jun. 2017.

SUGITO SUGITO et al. Effect of Variations in the Composition of Cow's Rumen and Straw on the Quality of Organic Fertilizer. **BERKALA SAINSTEK**, v. 11, n. 1, p. 40–40, 28 mar. 2023.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMA, G.K.; FONTANA, A. & TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

VANEZA, A. et al. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 373–383, 1 jun. 2011.

VILELA, D. M.; PIESANTI, J. L. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Orgânicos da UFGD por Meio da Compostagem. **Revista Ciência em Extensão**, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 28-39, set./dez. 2015.

YADAV, M. Nitrogen uptake in wheat: A comprehensive study. **International Journal of Research in Agronomy**, v. 7, n. 4, p. 101–103, 1 abr. 2024.

YANG, X. et al. Solubility characteristics of soil humic substances as a function of pH. **EGUsphere**, p. 1–34, 6 jun. 2024.