



MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

Fernando Guisini Junior

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA NA PRODUÇÃO DE
COMPOSTO ORGANOMINERAL E SEU USO NA LAVOURA DE SOJA**

Bambuí - MG

2024

FERNANDO GUI SINI JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA NA PRODUÇÃO DE
COMPOSTO ORGANOMINERAL E SEU USO NA LAVOURA DE SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental ou Ecologia Aplicada ou Tecnologias Ambientais.

Projeto Estruturante: Análise e Gestão da Paisagem VI - Recuperação de Áreas Degradadas

Orientador: Neimar Freitas Duarte

Bambuí - MG

2024

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

G967u Guisini Junior, Fernando.

Utilização de resíduos da produção avícola na produção de composto organomineral e seu uso na lavoura de soja. / Fernando Guisini Junior. – Bambuí, 2024.

116 f.: il.; color.

Orientador: Neimar de Freitas Duarte.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2024.

1. Avicultura. 2. Resíduos avícolas. 3. Cama de frango. I. Duarte, Neimar de Freitas. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 633

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802



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 10

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação intitulada “Utilização de resíduos da produção avícola na produção de composto organomineral e seu uso na lavoura de soja”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Fernando Guisini Júnior**, sob a orientação do prof. Dr. **Neimar de Freitas Duarte**, aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 16/08/2024, com a média de 89,2 pontos.

Bambuí (MG), 16 de agosto de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **ISABELA BAZZO DA COSTA, Usuário Externo**, em 05/09/2024, às 16:18, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Geraldo, Professor**, em 05/09/2024, às 17:47, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **FERNANDO GUI SINI JUNIOR, Usuário Externo**, em 06/09/2024, às 21:29, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Neimar de Freitas Duarte, Professor**, em 18/09/2024, às 12:17, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Augusto Lacorte, Professor**, em 09/10/2024, às 11:30, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2029779** e o código CRC **47832E62**.

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 2 por [ronaldo.barbosa](#) em 05/09/2024 16:10:17.

Este trabalho é dedicado:

À minha amada esposa Maria Tereza S. G. Guisini, que me apoiou desde o início e foi capaz de suportar todos os meus momentos de estresse durante o período de aulas, experimentos e principalmente no desenvolvimento da parte escrita, não me deixando desistir. Sem você ao meu lado eu jamais teria conseguido. Você é essencial em minha vida e esta vitória foi nossa.

À minha família pelo apoio incondicional.

Às minhas queridas irmãs Fulvia e Fernanda. Vocês são um exemplo.

Aos meus amigos.

Às empresas onde tive o privilégio de trabalhar durante o mestrado.

Ao querido e eterno “Seu Ari”, meu segundo pai.

À minha querida mãe Maria Alice Santos. Aqui está o resultado do seu esforço. Tenho certeza que de onde a senhora estiver, estará vibrando de alegria e orgulho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o meu orientador, Neimar Freitas Duarte, por toda a paciência e valiosos ensinamentos durante a condução desta pesquisa.

Agradeço ainda o Professor Adriano Geraldo pelas importantes colaborações. Muito obrigado.

Por fim, agradeço os professores Stipp, Silvia Sgarbosa, Isabela Bazzo, Gustavo Lacorte e Ariane Nascimento pelo inestimável apoio.

RESUMO

O presente trabalho analisou a reutilização dos resíduos de aves na produção de adubo organomineral e o seu uso na cultura da soja. Para a produção do adubo foram utilizadas as sobras geradas pela avicultura de corte, compostas da cama de aviário, da varrição da fábrica de ração e carcaças de animais mortos que passaram pelo processo de compostagem. As compostagens das aves mortas no processo de criação de frango de corte industrial foram acondicionadas em baias de alvenaria, tendo 2,5 m de largura, 2,5 m de comprimento por 1,8 m de altura em um galpão de 195 m de comprimento por 12,5 m de largura, fechado em sua totalidade por tela com malha de 2,5 cm e o telhado feito com telhas de fibrocimento. Após 5 meses, desse material proveniente das baias de compostagem foi transformado em adubo organomineral. Este adubo foi utilizado em experimento de campo na cultura da soja. Testou-se diferentes quantidades de adubo organomineral delineado na forma de blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos de adubação utilizando organomineral: T1 - Testemunha, T2 - fertilizante organomineral na dose 2,5 ton/ha⁻¹, T3 - fertilizante organomineral na dose 5 ton/ha⁻¹, T4- fertilizante organomineral na dose 7,5 ton/ha⁻¹ e T5 - fertilizante organomineral na dose 10 ton/ha⁻¹. Os parâmetros avaliados foram: estande da planta, comprimento da raiz (cm), biomassa fresca da raiz, comprimento da parte aérea, massa fresca da parte aérea, análise foliar, comprimento do internódio, peso de 1.000 grãos (g), número de vagens por plantas, número de grãos por vagem, porte final, biomassa verde e seca final, produtividade de grãos (kg/ha⁻¹). O adubo organomineral mostrou-se uma ótima opção quando produzido pelo avicultor para uso próprio em sua lavoura de soja e se mostra mais vantajoso do ponto de vista financeiro. Nesse caso, a aplicação de 7,5 ton/ha⁻¹ é a dosagem que apresenta melhor custo-benefício para o agricultor com a produção de 5.352 kg/ha.

Palavras-chave: Avicultura. Resíduos avícolas. Cama de frango. Compostagem de aves. Adubo organomineral. Lavoura de soja.

ABSTRACT

The present work analyzed the reuse of poultry waste in the production of organomineral fertilizer and its use in soybean cultivation. To produce the fertilizer, waste generated by poultry farming was used, consisting of poultry litter, sweeping from the feed factory and carcasses of dead animals that went through the composting process. The composts from birds killed in the industrial broiler breeding process were placed in masonry pens, measuring 2.5 m wide, 2.5 m long by 1.8 m high in a 195 m long shed. 12.5 m wide, entirely closed by a 2.5 cm mesh screen and the roof made with fiber cement tiles. After 5 months, this material from the composting pens was transformed into organomineral fertilizer. This fertilizer was used in a field experiment in soybean crops. Different amounts of organomineral fertilizer designed in the form of randomized blocks (DBC) were tested with five fertilizer treatments using organomineral: T1 - Control, T2 - organomineral fertilizer at a dose of 2.5 ton/ha⁻¹, T3 - organomineral fertilizer at a dose of 5 ton /ha⁻¹, T4- organomineral fertilizer at a dose of 7.5 ton/ha⁻¹ and T5 - organomineral fertilizer at a dose of 10 ton/ha⁻¹. The parameters evaluated were: plant stand, root length (cm), fresh root biomass, shoot length, fresh shoot mass, leaf analysis, internode length, weight of 1,000 grains (g), number of pods per plants, number of grains per pod, final size, green and final dry biomass, grain productivity (kg/ha⁻¹). Organomineral fertilizer proved to be a great option when produced by poultry farmers for their own use in their soybean crops and is more advantageous from a financial point of view. In this case, the application of 7.5 tons/ha⁻¹ is the dosage that offers the best cost-benefit for the farmer with a production of 5,352 kg/ha.

Keywords: Poultry farming. Poultry waste. Poultry litter. Poultry composting. Organomineral fertilizer. Soybean farming.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Estande final no estágio V3 da planta de soja nos diferentes tratamentos com uso da adubação organomineral, Piumhi, MG.....	66
Gráfico 2 – Comprimento da raiz no estágio V5 da planta de soja, Piumhi, MG.....	66
Gráfico 3 – Massa fresca de raiz no estágio V5 da planta de soja, Piumhi, MG.....	67
Gráfico 4 – Comprimento da parte aérea da planta de soja, Piumhi, MG.....	67
Gráfico 5 – Massa fresca de parte aérea da planta de soja, Piumhi, MG.....	68
Gráfico 6 – Porte final no estágio R5 da planta de soja, Piumhi, MG.....	69
Gráfico 7 – Comprimento do internódio no estágio R5 da planta de soja, Piumhi, MG....	69
Gráfico 8 – Número de vagens por planta, Piumhi, MG.....	70
Gráfico 9 – Número de grãos por vagem, Piumhi, MG.....	70
Gráfico 10 – Análise foliar no estágio R1 da planta de soja (g/kg), Piumhi, MG.....	71
Gráfico 11 – Análise foliar no estágio R1 da planta de soja (mg/kg), Piumhi, MG	71
Gráfico 12 – Peso de mil grãos da planta de soja, Piumhi, MG.....	72
Gráfico 13 – Produtividade de cada tratamento do experimento.....	73
Gráfico 14 – Média de Biomassa em gramas no estágio R7 da planta de soja.....	74
Gráfico 15 – Produtividade de sacas de soja em relação ao controle (%)......	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela ONU.....	21
Figura 2 – Esquema representativo dos sistemas energéticos.....	27
Figura 3 – Fluxograma de diferentes tratamentos de resíduos na avicultura.....	38
Figura 4 – Incinerador de carcaças de suínos e aves.....	39
Figura 5 – Incinerador de carcaças de suínos e aves.....	39
Figura 6 – Desidratadores de carcaças de aves e suínos.....	40
Figura 7 – Galpão com baias para produção de compostagem com uso de aves mortas. Empresa de Avicultura, São Sebastião do Oeste, MG.....	46
Figura 8 – Galpão com baias para produção de compostagem com uso de aves mortas. Empresa de Avicultura, São Sebastião do Oeste, MG.....	46
Figura 9 – Material seco proveniente de varrição da fábrica de ração forrando o fundo da composteira em São Sebastião do Oeste, MG.....	47
Figura 10 – Camada de 5 cm de cama de frango depositada na composteira em São Sebastião do Oeste, MG	47
Figura 11 – Disposição das aves mortas na composteira em São Sebastião do Oeste, MG.....	47
Figura 12 – Cobertura por completo das aves mortas com cama de frango na composteira em São Sebastião do Oeste, MG	48
Figura 13 – Camada de 5 cm de material seco proveniente de varrição da fábrica de ração na composteira em São Sebastião do Oeste, MG.....	48
Figura 14 – Retirada do material após 5 meses das baias de compostagem em São Sebastião do Oeste, MG.....	49
Figura 15 – Localização da área do processo de produção do adubo organomineral em São Sebastião do Oeste, MG.....	49
Figura 16 – Pátio onde é feita a produção do adubo organomineral em São Sebastião do Oeste, MG	50
Figura 17 – Cálculo da prova do peso da leira para adição de 5 % de fosfato.....	51
Figura 18 – Processo final de produção do adubo organomineral em São Sebastião, MG.....	52
Figura 19 – Processo final de produção do adubo organomineral em São Sebastião,	

MG.....	52
Figura 20 – Fluxograma do preparo da área para o plantio até a colheita da soja.....	53
Figura 21 – Mapa da área de plantio de soja na Fazenda Água Limpa, Piumhi, MG.....	54
Figura 22 – Representação do delineamento de cada parcela na área do experimento, Piumhi, MG.....	55
Figura 23 – Dados pluviométricos do período do cultivo da soja em Piumhi, MG.....	56
Figura 24 – Fases da planta de soja.....	57
Figura 25 – Fluxograma das avaliações feitas na soja da área experimental situada no município de Piumhi, MG.....	58
Figura 26 – Parcelas do tratamento controle do experimento, Piumhi, MG.....	63
Figura 27 – Parcelas do tratamento 2,5 ton/ha do experimento, Piumhi, MG.....	64
Figura 28 – Parcelas do tratamento 5 ton/ha do experimento, Piumhi, MG.....	64
Figura 29 – Parcelas do tratamento 7,5 ton/ha do experimento, Piumhi, MG.....	65
Figura 30 – Parcelas do tratamento 10 ton/ha do experimento, Piumhi, MG.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção de biogás para diferentes espécies.....	38
Tabela 2 – Composição do fosfato Reactive®.....	51
Tabela 3 – Tratamento, cobertura pré-plantio, plantio e cobertura pós-plantio no solo onde foi realizado o experimento em Piumhi, MG.....	55
Tabela 4 – Agrupamento de determinações em análise de solo expressos por volume de terra fina, seca ao ar da área experimental situada no município de Piumhi, MG.....	57
Tabela 5 – Resultado de análise de solo da área experimental situada no município de Piumhi, MG.....	57
Tabela 6 – Resultado de análise textural de solo da área experimental situada no município de Piumhi, MG.....	57
Tabela 7 – Análise físico-química do adubo organomineral finalizado.....	62
Tabela 8 – Análise da rentabilidade do adubo organomineral comprado.....	74
Tabela 9 – Análise da rentabilidade do adubo organomineral produzido pelo avicultor...	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos
COT - Carbono Orgânico Total
CPAP - Centro de Pesquisa da AP
CTC - Capacidade de Troca Catiônica
DBC - Delineamento em Blocos Casualizados
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IN - Instrução Normativa
K₂O - Óxido de Potássio
KCL - Cloreto de Potássio
LEA - Leiras Estáticas Aeradas
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
mmolc kg⁻¹ - milimol de carga por quilograma
N-NH₃ - Nitrogênio Amoniacal
NH₃ - Amônia
NPK - Nitrogênio, Fósforo e Potássio
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU - Organização das Nações Unidas
P₂O₅ - Fosfato
pH - Potencial Hidrogeniônico
PMG - Peso de Mil Grãos
PNF - Plano Nacional de Fertilizantes
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
ton - Tonelada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Justificativa.....	18
1.2	Objetivos.....	22
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>22</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>22</i>
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1	Produção e desenvolvimento da avicultura brasileira.....	23
2.2	Fluxo de energia na avicultura e poluição ambiental.....	26
2.3	Caracterização dos resíduos da avicultura.....	30
2.4	Métodos de tratamento do resíduo da avicultura brasileira.....	33
<i>2.4.1</i>	<i>Compostagem aeróbica.....</i>	<i>33</i>
<i>2.4.2</i>	<i>Compostagem anaeróbica (biodigestão anaeróbica).....</i>	<i>36</i>
<i>2.4.3</i>	<i>Tratamento físico químico.....</i>	<i>38</i>
2.5	Produto da compostagem e da cama de frango.....	41
<i>2.5.1</i>	<i>Adubo orgânico.....</i>	<i>41</i>
<i>2.5.2</i>	<i>Adubo organomineral.....</i>	<i>44</i>
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	46
3.1	Compostagem.....	46
3.2	Produção do adubo organomineral.....	50
3.3	Experimento de campo: uso do adubo organomineral na produção de soja.....	52
<i>3.3.1</i>	<i>Localização do experimento.....</i>	<i>53</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Delineamento experimental do uso do adubo organomineral na soja.....</i>	<i>54</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Variáveis analisadas.....</i>	<i>56</i>
<i>3.3.3.1</i>	<i>Análise de solo.....</i>	<i>56</i>
<i>3.3.3.2</i>	<i>Estande de plantas.....</i>	<i>58</i>
<i>3.3.3.3</i>	<i>Comprimento da raiz.....</i>	<i>58</i>
<i>3.3.3.4</i>	<i>Biomassa fresca da raiz.....</i>	<i>59</i>
<i>3.3.3.5</i>	<i>Comprimento da parte aérea.....</i>	<i>59</i>
<i>3.3.3.6</i>	<i>Massa fresca da parte aérea.....</i>	<i>59</i>

3.3.3.7	Análise foliar.....	59
3.3.3.8	Comprimento do internódio.....	59
3.3.3.9	Peso de mil grãos.....	60
3.3.3.10	Número de vagens por planta e grão por vagem.....	60
3.3.3.11	Porte final.....	60
3.3.3.12	Biomassa verde e seca de parte aérea na fase R7.....	60
3.3.3.13	Produtividade.....	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.1	Resultado do adubo organomineral.....	62
4.2	Ensaio de campo com uso do adubo organomineral.....	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
	REFERÊNCIAS.....	78
	ANEXO A – LAUDO DE ANÁLISE DO ADUBO ORGANOMINERAL.....	91
	ANEXO B – AGRUPAMENTO DE DETERMINAÇÕES EM ANÁLISE DE SOLO EXPRESSOS POR VOLUME DE TERRA FINA, SECA AO AR.....	92
	ANEXO C – RESULTADO DE ANÁLISE DE SOLO.....	93
	ANEXO D – RESULTADO DE ANÁLISE TEXTURAL DE SOLO.....	94
	ANEXO E – COMPOSIÇÃO DO FOSFATO REACTIVE®.....	95
	ANEXO F – CUSTO DO ADUBO ORGANOMINERAL POR TONELADA TRATADA PRODUZIDA EM SÃO SEBASTIÃO DO OESTE, MG.....	96
	ANEXO G – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO T1 – TESTEMUNHA EM PIUMHI, MG.....	97
	ANEXO H – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO T2 – 2,5 ton/ ha⁻¹ EM PIUMHI, MG.....	98
	ANEXO I – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO T3 – 5 ton/ ha⁻¹ EM PIUMHI, MG.....	99
	ANEXO J – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO T4 – 7,5 ton/ ha⁻¹ EM PIUMHI, MG.....	100
	ANEXO L – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO T5 – 10 ton/ ha⁻¹ EM PIUMHI, MG.....	101
	APÊNDICE A – MANUAL DA PRODUÇÃO DE ADUBO ORGANOMINERAL UTILIZANDO RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA.....	102

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira se desenvolveu de maneira contínua nas últimas décadas e alcançou um aumento de produção e exportação de carne a cada ano. Isto se deve a introdução de novas tecnologias, técnicas de produção intensiva e o desenvolvimento de genética adaptada ao Brasil. Em 2023, o Brasil atingiu o primeiro lugar entre os países exportadores de carne de frango, com a marca de 5,139 milhões de toneladas. Também se destaca como o segundo maior produtor mundial de carne de frango, com a produção nacional do ano de 2023 atingindo o total de 14,833 milhões de toneladas e ascendendo uma posição no *ranking* mundial em relação ao ano anterior. No Brasil, cerca de 35% da produção de carne de frango destina-se ao mercado externo e o consumo interno desta proteína é de 45,1 kg por habitante (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2024).

O crescente aumento da atividade resulta também no crescimento dos subprodutos e resíduos derivados da avicultura industrial. Segundo Silveira e Vieira (2020), é preciso adotar atitudes mitigadoras para o tratamento dos resíduos da produção avícola, a fim de que esses subprodutos e os resíduos possam ser aproveitados e devidamente descartados para que não haja a contaminação do meio ambiente nem o risco de afetar a qualidade de vida da comunidade onde está inserida a atividade.

Como nas demais atividades agropecuárias, a avicultura de corte gera uma grande quantidade de resíduos que, se bem manejados, poderão tornar-se uma importante fonte de renda, como também um modelo de produção sustentável dentro do mercado, desde que se faça a adoção de um sistema de tratamento desses resíduos a fim de evitar possíveis contaminações do ambiente (GÜNGÖR-DEMIRCI; DEMIRER, 2004; ANGONESE *et al.*, 2006).

Os resíduos da avicultura de corte são compostos pela cama de aviário e as carcaças de animais mortos (BATISTA; MARCOLINO; PAIVA, 2018). Esta cama é composta de excretas das aves, material absorvente (que pode ser maravalha, serragem, sabugo de milho triturado, capins, casca de amendoim, de arroz e de café, e restos de culturas), penas e restos de alimento. A quantidade de cama gerada na avicultura de corte é de, aproximadamente, 1,5 kg por frango. A cama de frango não deve ser utilizada diretamente no solo sem passar por algum tipo de tratamento prévio, como a compostagem, devido ao risco de poluição ambiental (FOLLADOR, *et al.*, 2012).

O descarte inadequado das carcaças de aves mortas durante o processo de criação, bem como a disposição incorreta da cama de frango pode ocasionar a poluição do solo, das

águas e do ar por agentes causadores de doenças (GEDOZ, 2014). A Lei nº 12.305/2010 definiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil (PNRS), dispondo sobre os destinos que devem ser dados de maneira ambientalmente correta aos resíduos residenciais e industriais no Brasil. Para o produtor rural ligado à indústria avícola, a compostagem, tanto da cama de frango quanto das carcaças, é uma das opções que se apresenta como uma solução com um menor custo de operação e que demonstra ser um método eficiente no tratamento e reaproveitamento desses resíduos (LUCAS JÚNIOR; ORRICO; ORRICO JÚNIOR, 2010).

Segundo Seiffert (2000), as boas práticas de manejo de resíduos gerados pela indústria avícola são essenciais para que a atividade continue crescendo sem desrespeitar as restrições legais atualmente existentes.

Além da compostagem de carcaça de frango de corte e da cama de frango, também existe a possibilidade de usar outros resíduos gerados pela agricultura, como bagaço de cana-de-açúcar e palha de café no processo de compostagem (AZEVEDO, *et al.*, 2012), o que ampliaria as opções de destinação de outros materiais de acordo com os cultivos disponíveis em cada região.

Segundo essa linha, Alvarenga e Konzen (2008) destacaram que é possível reaproveitar ao máximo os recursos gerados dentro da propriedade rural, maximizando a eficiência dos sistemas produtivos com a introdução de novas tecnologias, melhorando a produtividade e reduzindo custos, também é possível preservar o meio ambiente ao utilizar-se vários tipos de resíduos orgânicos que podem se transformar em fontes de nutrientes para as plantações de alimentos, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas do solo.

Apesar de ser grande geradora de resíduos, as sobras das granjas podem ser reaproveitadas e vendidas. Segundo Lucas Júnior, Orrico e Orrico Júnior (2010), os resíduos avícolas podem ser tratados, transformando-se em novos produtos. As granjas que seguem as diretrizes ambientais podem se tornar sustentáveis e lucrativas, com o reaproveitamento e a comercialização de seus resíduos. O objetivo primordial da gestão de resíduos é maximizar o reaproveitamento dos nutrientes disponíveis, reduzindo as perdas ambientais ao longo do processo. No âmbito da produção avícola de frango de corte, essa meta pode ser alcançada por meio da reutilização diária das carcaças das aves mortas e da cama de frango em cada ciclo. Essa prática visa transformar esses resíduos em adubo orgânico, destacando-se como um setor crucial no agronegócio brasileiro. Além de contribuir para práticas sustentáveis, as sobras resultantes desse processo podem se tornar uma fonte adicional de renda (LUCAS JÚNIOR; ORRICO; ORRICO JÚNIOR, 2010).

A cama de aviário pode se transformar em fonte de nutrientes para plantas. Por meio da compostagem ou da biodigestão anaeróbica é possível obter composto orgânico e biofertilizante. As carcaças dos animais também podem ser tratadas e a técnica ideal também é a compostagem. Pode-se, ainda, produzir farinha com a reciclagem dos resíduos avícolas. Com o cozimento dos resíduos originados no abate das aves, chega-se à farinha de víscera, rica em minerais como fósforo e cálcio, sendo um ingrediente para fabricação de ração para aves, suínos, peixes, crustáceos e pets (BOTEGA, 2019).

A compostagem da carcaça de frango de corte é uma opção para a produção de fertilizantes orgânicos e viável no fornecimento de fósforo ao solo, melhorando a produção de diferentes culturas agrícolas. Isso se torna especialmente vantajoso em localidades onde a atividade avícola está mais concentrada, graças à grande disponibilidade das carcaças e da cama de frango como matéria-prima para o desenvolvimento do adubo orgânico (MELO, 2020).

Fertilizante organomineral é um produto do enriquecimento de matérias-primas orgânicas, compostadas e bioestabilizadas, com fertilizantes minerais (RODRIGUES; SOUZA; HWANG, 2015). É essencial ser ecologicamente correto no manejo dos resíduos avícolas, seguindo as diretrizes da PNRS. As regras e demais especificações sobre fertilizantes orgânicos e biofertilizantes destinados à agricultura obedecem à Instrução Normativa (IN) nº 61 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 8 de julho de 2020. Segundo ela, o adubo organomineral deve conter determinadas quantidades de carbono orgânico, umidade, Capacidade de Troca Catiônica (CTC), nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, além de micronutrientes.

Uma das principais características dos fertilizantes organominerais é a combinação de matéria orgânica e mineral. A primeira é composta por resíduos vegetais, animais, compostos microbianos e húmus, enquanto a segunda é desenvolvida por compostos químicos inorgânicos.

Em relação ao uso de resíduos *in natura*, o adubo organomineral traz também outros benefícios (BRASIL, 2021), como a redução significativa das perdas de nitrogênio, redução das emissões de gases de efeito estufa, redução do uso de fertilizantes químicos em até 20%, potencialização da ação microbiana e tendem a estimular o crescimento das raízes.

Martins (2018) apontou que adubo organomineral é uma opção de fertilizante que possui a vantagem de ser solubilizado gradualmente, o que permite sua absorção ao longo de todo o ciclo de crescimento de uma cultura. Isso ajuda a fornecer nutrientes de forma contínua, contribuindo para um desenvolvimento saudável das plantas.

1.1 Justificativa

No Brasil, a legislação ambiental regula a gestão dos resíduos oriundos da avicultura, incluindo a cama de frango. A legislação estabelece diretrizes e normas para garantir que o tratamento e a disposição destes resíduos sejam realizados de maneira ambientalmente segura, evitando impactos negativos no meio ambiente e na saúde pública. A atividade avícola, assim como qualquer atividade que envolva o manejo de resíduos, está sujeita ao licenciamento ambiental. O produtor deve obter a licença ambiental junto aos órgãos ambientais competentes, que variam de acordo com o Estado. Existem normas técnicas específicas que orientam o manejo e o tratamento dos resíduos da avicultura. É importante seguir estas normas para garantir a conformidade com as diretrizes ambientais (KUNZ; PALHARES, 2011).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), quando se trata da cama de frango, especialmente no que diz respeito à cama usada, é preciso respeitar a legislação do MAPA, que dispõe sobre as restrições para a utilização da cama de aves através da IN Nº 25, de julho de 2009 (KUNZ; PALHARES, 2011). Essa mesma legislação indica que a aplicação direta da cama de aves nas pastagens só é possível quando incorporada ao solo, com a liberação do pastoreio somente após 40 dias.

É fundamental que os produtores estejam cientes das normas e regulamentações específicas de sua região para garantir a conformidade legal e contribuir para a preservação ambiental. O não cumprimento das normas pode resultar em penalidades, multas e até mesmo a suspensão das atividades avícolas, destacando a importância da adesão a práticas sustentáveis.

O lançamento inadequado dos resíduos da cama de frango diretamente no solo e na água, sem tratamento adequado, pode acarretar graves problemas de poluição e contaminação ambiental. A cama de frango, composta por materiais orgânicos utilizados para proporcionar conforto às aves, pode conter nutrientes, microorganismos patogênicos e outros compostos que, se liberados sem controle, têm potencial para causar impactos significativos (LUCAS JÚNIOR; ORRICO; ORRICO JÚNIOR, 2010), como podem conter nutrientes como nitrogênio e fósforo, que, quando lançados diretamente em corpos d'água, podem resultar em processos de eutrofização. Esse fenômeno estimula o crescimento excessivo de algas, levando à diminuição do oxigênio na água, prejudicando a fauna aquática e comprometendo a qualidade da água para consumo humano.

Quando direcionada ao solo, a cama de frango pode resultar na contaminação deste com patógenos, bactérias e outros microorganismos presentes nos resíduos. Além disso, a presença de nutrientes em excesso pode levar a alterações na composição química do solo, afetando sua fertilidade natural. A decomposição não controlada da cama de frango pode resultar na liberação de gases como amônia e metano, contribuindo para a poluição atmosférica. Esses gases têm potencial de causar problemas respiratórios, além de contribuir para o efeito estufa (PAULA JUNIOR, 2014).

A contaminação da água e do solo pode afetar diretamente a saúde humana, especialmente se esses recursos forem utilizados para consumo direto ou para a produção de alimentos. Patógenos e nutrientes presentes nos resíduos podem representar riscos à saúde pública, e podem ser oriundos da ação humana, decorrentes do cultivo agrícola e da agropecuária ou do despejo de efluentes industriais, ou da presença de animais e plantas na bacia de captação. A eutrofização resultante do lançamento de nutrientes em corpos d'água pode levar à morte de diversas espécies animais e vegetais devido à falta de oxigênio, impactando os ecossistemas aquáticos (BORGES *et. al.*, 2023).

O lançamento inadequado dos resíduos da cama de frango sem tratamento contraria as normas ambientais e pode resultar em penalidades legais para os responsáveis pela prática. Além dos impactos ambientais, pode prejudicar a imagem do setor avícola perante a sociedade e consumidores, especialmente em um contexto em que a sustentabilidade é uma preocupação crescente. É de suma importância implementar métodos de tratamento, como compostagem ou biodigestão, para reduzir a carga de patógenos e nutrientes antes do descarte, cumprindo as normas e regulamentações ambientais, obtendo licenças para operar e seguindo boas práticas agrícolas, promovendo a conscientização entre os produtores sobre a importância do manejo adequado dos resíduos e os impactos negativos do lançamento inadequado (KUNZ; PALHARES, 2011).

Desta forma se torna evidente a grande quantidade de resíduos gerados pela avicultura com a cama de frango e carcaça de animais mortos. Este problema pode ser resolvido com o tratamento utilizando o método de compostagem. Assim, esse trabalho pretende usar este método no tratamento dos resíduos da avicultura industrial na combinação de fertilizante inorgânico com orgânico oriundo da compostagem.

Segundo Mass *et al.* (2011), a dependência excessiva de fertilizantes minerais importados é uma questão significativa na agricultura e pode apresentar vários desafios, pois a importação de fertilizantes minerais muitas vezes envolve custos significativos, afetando a viabilidade econômica da agricultura, especialmente para pequenos produtores, e suas

variações nos preços globais dos fertilizantes minerais podem impactar negativamente os custos de produção, aumentando a vulnerabilidade dos agricultores a mudanças no mercado internacional.

Segundo Jorge (2022), o uso de adubos orgânicos pode ser uma alternativa sustentável e vantajosa para reduzir a dependência de fertilizantes minerais importados. Além disso, o uso de adubos orgânicos, como compostos, estrume e resíduos vegetais, são fontes renováveis de nutrientes. Eles ajudam a melhorar a saúde do solo, fornecendo nutrientes essenciais às plantas, contribuindo para a formação de uma estrutura de solo saudável, promovendo a retenção de água, aeração e resistência à erosão, cooperando também para a reciclagem de resíduos agrícolas e urbanos, reduzindo a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários.

Ainda segundo Jorge (2022), a produção de adubos orgânicos geralmente têm menores impactos ambientais em comparação com a produção de fertilizantes minerais, contribuindo para a sustentabilidade agrícola, favorecendo a diversidade biológica, estimulando a atividade microbiana benéfica e a preservação da fauna e do solo, ajudando além das demais propriedades, a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, uma vez que os resíduos orgânicos em decomposição em aterros sanitários são uma fonte significativa de metano, além de contribuir para a autossuficiência agrícola, reduzindo a dependência de insumos importados.

Ao integrar práticas sustentáveis, como a utilização de adubos orgânicos, os agricultores podem promover a resiliência ambiental, reduzir os custos de produção e contribuir para sistemas agrícolas mais equilibrados e autossuficientes. A utilização de compostos produzidos a partir de resíduos orgânicos é uma estratégia vantajosa para melhorar a fertilidade e a sustentabilidade das áreas agrícolas. A compostagem dos resíduos animais e vegetais recicla nutrientes, recuperando solos erodidos, empobrecidos e de baixa fertilidade. Os compostos orgânicos são mais completos do que os fertilizantes convencionais que são encontrados nos comércios, agindo no aspecto químico, físico e biológico do solo, fornecendo nutrientes e reduzindo a necessidade de adubos minerais, o que pode diminuir os custos de produção e aumentar a lucratividade das propriedades (SILVA, 2022).

Conforme a alternativa de uso do adubo organomineral, os resíduos gerados na avicultura brasileira após o tratamento por compostagem pode ser um subproduto para geração de renda para os avicultores, tanto na comercialização, bem como utilizando em lavouras de produtos que serão utilizados na alimentação das aves como milho e soja, ocorrendo uma permanência dos nutrientes e a energia gerada na propriedade agrícola,

diminuindo a dependência de matéria primas para alimentação das aves de fora, como também a diminuição no uso de fertilizantes.

Nesse contexto, a produção e utilização do adubo organomineral tanto para venda quanto para uso próprio pelos produtores da cadeia avícola em suas lavouras, exercem um papel importante na economia circular e conseqüentemente ajudam no cumprimento das metas propostas pela Agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas). Os 17 ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) são objetivos ambiciosos e interconectados que abordam os principais desafios de desenvolvimento que a população enfrenta no Brasil e em todo mundo. Eles são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente, o clima e garantir que todos vivam em paz e prosperidade em todo o mundo. Espera-se que essas metas ilustradas na figura 1 a seguir, sejam alcançadas até 31 de dezembro de 2030.

Figura 1 – Ilustração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela ONU



Fonte: Organização das Nações Unidas, 2024.

A produção de adubo organomineral está inserido nos ODS 1, erradicação da pobreza que discorre sobre a propriedade e controle sobre a terra, recursos naturais e novas tecnologias, pois ajudará o agricultor na produção de uma proteína animal com menor preço e uma diminuição nos custos com insumos. No ODS 2, fome zero e agricultura sustentável, pois discorre sobre dobrar a produtividade agrícola e a renda de pequenos produtores de alimentos, recursos produtivos e insumos, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo. O ODS 12, consumo e produção responsáveis, onde discorre que até 2030, deve-se reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (SILVA, 2018).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho foi transformar resíduos orgânicos oriundos do processo de produção da avicultura industrial em adubo organomineral e avaliar seu uso na lavoura de soja.

1.2.2 Objetivos Específicos

Este estudo teve como objetivos específicos:

- a) utilizar o método compostagem no tratamento dos resíduos de granjas de frango de corte localizada no Centro Oeste de Minas Gerais;
- b) produzir um fertilizante organomineral com a compostagem de granjas de frango de corte;
- c) avaliar o uso do fertilizante organomineral no cultivo da soja;
- d) analisar a viabilidade econômica e composição do adubo organomineral oriundo de compostagem de frango de corte na lavoura de soja.
- e) confeccionar um manual da produção de adubo organomineral utilizando resíduos da produção avícola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A avicultura brasileira e mundial, ao longo do processo, gera uma grande quantidade de resíduos. Segundo a legislação ambiental em vigor no país, com a instituição da PNRS através da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), é necessário que se faça a correta destinação dos resíduos sólidos gerados na indústria e no campo. Para isso, a lei esclarece as diretrizes para a destinação final ambientalmente adequada destes resíduos, sejam eles oriundos de pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, de consumo ou de produção. Para evitar os danos ambientais e riscos à saúde e à segurança pública, estes resíduos podem ser destinados para a reutilização, recuperação e/ou aproveitamento energético, reciclagem ou compostagem.

2.1 Produção e desenvolvimento da avicultura brasileira

Segundo Lauandos e Pinazza (2000), a avicultura passou por uma notável evolução ao longo de sua história, especialmente em relação à forma de produção, com destaque para o uso de galpões e o desenvolvimento de grandes produções confinadas. Até o século XX, a avicultura era predominantemente tradicional e voltada para subsistência, com criação de aves em pequenas escalas, frequentemente em quintais familiares, para atender às necessidades locais de carne e ovos. Nas décadas de 1920 e 1930, ocorreu uma transição significativa com a introdução de galpões na avicultura. Essas estruturas proporcionaram um ambiente mais controlado e protegido para as aves, melhorando as condições de criação.

De acordo com Bevilaqua (2023), a avicultura começou a se intensificar na década de 1940, impulsionada pelo desenvolvimento de linhagens genéticas especializadas para a produção de carne e ovos, resultando em um aumento na produtividade das aves, onde a década de 1960 marcou a transição para sistemas de produção em massa e confinamento. A introdução de tecnologias, como a criação em baterias e galpões fechados, possibilitou a produção eficiente em larga escala. O modelo de Integração Vertical, no qual as empresas integram as diferentes etapas da produção, desde a criação até o processamento, tornou-se proeminente, contribuindo para uma maior eficiência e controle sobre o processo produtivo.

Na década de 1990, os avanços tecnológicos continuaram a impulsionar a avicultura, com sistemas automatizados, monitoramento ambiental e crescente preocupação com o bem-estar animal, se adaptando às demandas da sociedade, concentrando-se em práticas sustentáveis, inovação tecnológica e abordagens éticas em relação ao tratamento das

aves, sendo, atualmente, caracterizada por sistemas intensivos e altamente tecnológicos, com galpões automatizados, controle ambiental preciso, genética avançada e uma abordagem integrada em toda a cadeia de produção, refletindo a busca contínua por eficiência, sustentabilidade e atendimento às crescentes demandas do mercado, ao mesmo tempo em que a avicultura enfrenta desafios relacionados ao impacto ambiental e ao bem-estar animal (BEVILAQUA, 2023).

A avicultura brasileira é altamente competitiva, com uma cadeia produtiva bem estruturada e eficiente, que inclui a produção de grãos para ração, a criação de aves em ambientes controlados e a industrialização da carne de frango. Além disso, a avicultura tem um papel importante na geração de empregos e no desenvolvimento econômico do país (TINÔCO, 2001).

Esta grande cadeia de produção de alimentos experimentou também uma notável evolução tecnológica ao longo dos anos, refletida na diversificação de sistemas de produção para atender a diferentes necessidades e desafios, onde antes a avicultura era frequentemente conduzida em sistemas convencionais ao ar livre, em que as aves eram criadas em condições naturais, com acesso a espaços abertos. Atualmente, foram introduzidos sistemas semi-climatizados, que permitem certo controle ambiental, especialmente em termos de temperatura e umidade, garantindo condições ideais para o bem-estar e a produtividade das aves (FONSECA *et al.*, 2016).

Segundo Bueno *et al.* (2011), a avicultura envolve cuidados específicos com a alimentação das aves e a escolha do tipo de material utilizado para cobertura no piso, ambas questões essenciais para garantir a saúde, bem-estar e produtividade das aves, onde recebem rações balanceadas, formuladas para atender às suas necessidades nutricionais específicas em cada fase do ciclo de produção (crescimento, postura, engorda, etc.), que incluem ingredientes como grãos, farelos de soja, minerais, vitaminas e, em alguns casos, aditivos para promover o crescimento e a saúde das aves e o acesso contínuo à água limpa e fresca, tendo o controle adequado da ingestão de água para a manutenção da saúde e desempenho das aves.

O conceito de *dark house* envolve a redução significativa da luz natural nas instalações, controlando o fotoperíodo para otimizar a produção. Essa técnica é muitas vezes empregada também na produção de aves de postura para influenciar a produção de ovos. Já o *brown house* é um sistema que enfatiza o ambiente mais natural, proporcionando às aves um ambiente mais parecido ao ar livre, com acesso a áreas externas e instalações mais ricas em substratos.

Por fim, o *blue house* é um conceito que incorpora tecnologias avançadas para melhorar a eficiência e o bem-estar das aves. Isso inclui controle preciso de parâmetros ambientais, automação e monitoramento em tempo real. O *green house*, por sua vez, vai além, integrando tecnologias sustentáveis e práticas ambientalmente amigáveis. Isso pode envolver o uso de energia renovável, práticas de gestão de resíduos e sistemas integrados de produção agrícola (ABREU; DE ABREU, 2011).

Em produções avícolas, programas de iluminação específicos são utilizados para influenciar o comportamento das aves, especialmente em criações de galinhas poedeiras para produção de ovos, matrizes pesadas e frango de corte.

Atualmente, observa-se a integração de tecnologias como sensores inteligentes, *big data*, inteligência artificial e *IoT (Internet of Things)* na avicultura. Segundo Kunz e Palhares (2011), essas tecnologias proporcionam monitoramento em tempo real, automação e análise de dados para otimizar todas as fases da produção avícola. Essa diversidade de sistemas reflete o esforço contínuo para melhorar a eficiência da produção, otimizar o uso de recursos, garantir o bem-estar animal e atender às crescentes demandas do mercado por alimentos sustentáveis e de alta qualidade.

A cama de aviário é o material utilizado para cobrir o piso dos galpões avícolas. Pode ser composta por materiais como maravalha, casca de arroz, palha de arroz, entre outros. A escolha do material para cobertura no piso também visa proporcionar um ambiente térmico adequado, contribuindo para o conforto das aves e prevenindo problemas de saúde relacionados à umidade. A maravalha e a palha de arroz são frequentemente escolhidos devido à sua capacidade de absorver a umidade, fornecendo um ambiente mais seco e confortável para as aves.

Em alguns sistemas, a cama é substituída periodicamente para garantir condições sanitárias ideais. Em sistemas mais tecnologicamente avançados, como galpões climatizados, pisos sólidos ou sistemas de esteiras rolantes podem ser utilizados para facilitar a limpeza e promover um ambiente mais controlado (BUENO, *et al.*, 2011).

Em resumo, a alimentação balanceada e a escolha adequada do material para cobertura no piso são elementos fundamentais na avicultura moderna. Essas práticas visam garantir o desenvolvimento saudável das aves, maximizar a eficiência produtiva e proporcionar condições de vida que promovam o bem-estar animal (TINÔCO, 2001).

2.2 Fluxo de energia na avicultura e poluição ambiental

Agricultura e pecuária desenvolvem-se em terras que antes eram ecossistemas naturais. Com a intervenção humana e práticas agrícolas, essas áreas se transformaram em agroecossistemas, parte de um ecossistema com seus ciclos biogeoquímicos modificados pelo homem para aumentar a produtividade de algumas espécies locais ou introduzidas. O agroecossistema interage constantemente com o ambiente ao redor, com a troca de matéria, informação e energia acontecendo de forma contínua. Ocorre uma grande entrada de energia em diferentes formas sendo as principais: na forma de alimentos (estes processados e transformados em ração), pintinhos, energia elétrica para iluminação e controle de temperatura, água e material para cama de frango. Além dessas entradas de energia, tem-se outras entradas no ciclo de produção da avicultura de corte como alimentação rica em minerais, proteínas e carboidratos. Os carboidratos, os lipídeos, as proteínas e parte das fibras são os constituintes do alimento com potencial para fornecer energia ao organismo animal. Contudo, o total de energia difere entre estes nutrientes (ROSTAGNO; SAKOMURA, 2016).

Deste modo, a avaliação energética e o uso de um sistema mais preciso para quantificar essa energia é de extrema importância na formulação de rações para aves, pois, conforme o tipo de alimento, irá alterar a quantidade e a composição dos resíduos gerados.

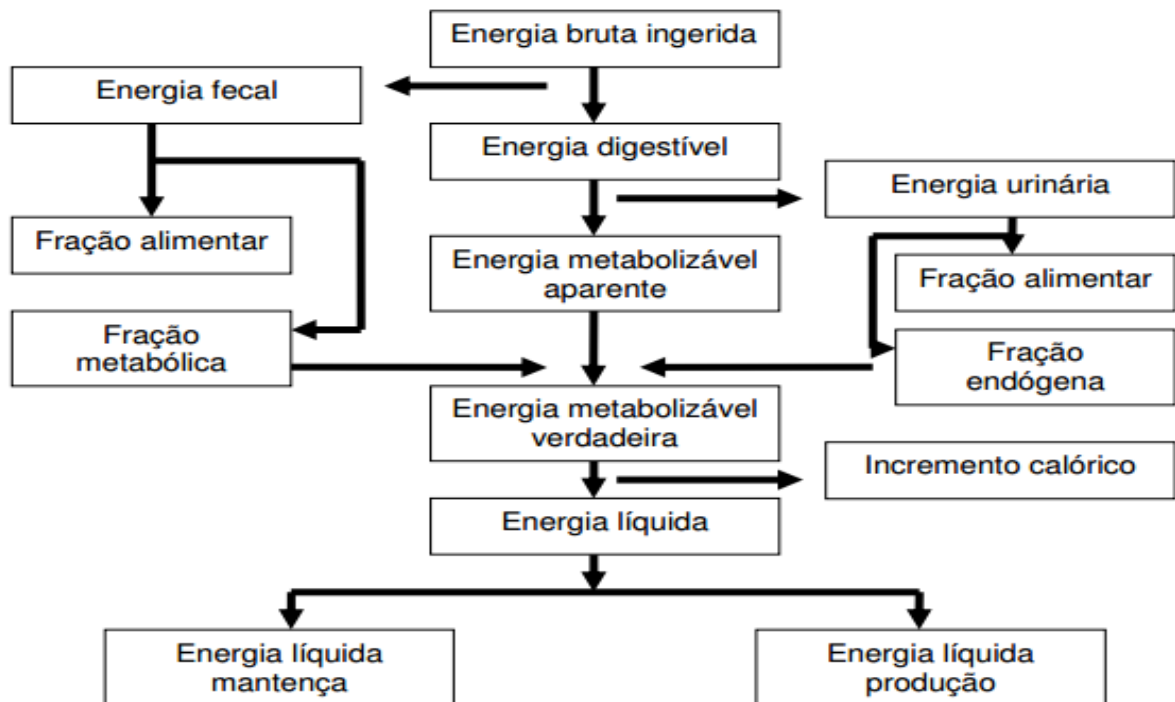
As saídas de energia ocorrem pelos animais que serão abatidos e os resíduos gerados pela atividade avícola. Segundo Coelho (1973), a cada ano uma ave poedeira produz cerca de 25 vezes o seu peso vivo em dejetos, conseqüentemente, tem-se uma produção estimada anual de 37,5 kg de dejetos por ave, o que equivale a uma produção diária por ave igual a 0,103 kg, valor pouco inferior citado por El Boushy e Van Der Poel (1994) que demonstrou uma produção de 12 toneladas/dia para um total de 100.000 aves, o que representa 0,12 kg/ave/dia.

Segundo Oviedo-Rondón (2008), os resíduos dos aviários podem ser tanto um recurso como um poluente, no entanto, o manejo adequado destes resíduos com altos conteúdos de nutrientes possibilita impacto ambiental mínimo.

Os processos existentes para descrever a energia dietética são energia bruta, energia digestível metabolizável e energia líquida, conforme figura 2. A entrada de energia se dá principalmente através da ração oferecida às aves, que contém nutrientes como carboidratos, proteínas e gorduras. Já as saídas de energia incluem o calor produzido pelas aves, a energia gasta durante a atividade física e a energia utilizada para a produção de ovos e

carne. Além disso, é importante ressaltar que a avicultura também pode gerar energia através da produção de biogás a partir do tratamento dos resíduos orgânicos das granjas.

Figura 2 – Esquema representativo dos sistemas energéticos



Fonte: ROSTAGNO; SAKOMURA, 2016, p. 283.

Um mecanismo utilizado para avaliar a eficiência dos sistemas de produção é o balanço energético, que estabelece os fluxos de energia inerentes à produção, identificando sua eficiência na conversão de energia através da relação energia convertida/energia consumida e a energia necessária para produzir 1 kg de produto (CAMPOS *et al.*, 2013).

Segundo Ostrander (1980), a indústria avícola é uma das mais eficientes conversoras de energia da dieta em proteína entre os sistemas de produção animal. Segundo o autor, no setor de avicultura, o sistema de produção de perus é o que mais consome energia, seguido pelo sistema de produção de ovos, embora este último tenha um coeficiente energético mais alto. Considerando as entradas e saídas, os sistemas de produção de frangos de corte são os menos eficientes na utilização de energia.

O estudo da eficiência do uso da energia para avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas tem recebido atenção especial nos anos recentes. No entanto, já no século passado, havia estudos de economias como sistemas de conversão de energia e, no início dos anos 70, estudos de balanço energético em culturas como a do milho eram desenvolvidos na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos da América (MARTÍNEZ-ALIER, 1996).

Além de um alto consumo energético, a avicultura também produz resíduos que podem ser considerados como alto potencial energético. Por exemplo, a cama de frango, que pode ser processada e fornecer essa energia, podendo ajudar a manter esse equilíbrio energético nas operações que se desenvolvem no galpão.

A produção de frangos de corte dura em média 42 dias e, se comparado às demais atividades agropecuárias, é considerada como de ciclo curto. Assim, todas as etapas da criação de frangos nas instalações agropecuárias são relevantes, sobretudo as do início da vida dos pintinhos, pois é a etapa mais crítica e sensível. Além do que, a manutenção do conforto térmico nessa fase tem correlação direta positiva com o desenvolvimento ao longo de toda vida do animal, possibilitando maior desempenho produtivo e rentabilidade ao produtor (COBB-VANTRESS, 2008).

O aquecimento suplementar fornecido às aves nas primeiras semanas de vida é imprescindível para o desenvolvimento dos frangos. Afinal, nos primeiros dias de vida as aves não possuem o seu sistema termorregulador bem desenvolvido, sendo muito sensíveis ao frio (BAÊTA; SOUZA, 2010). Isso ocorre devido às aves serem animais homeotérmicos, com temperatura interna constante em torno de 41,5° C e com necessidade de manter sua homeotermia para realizar suas funções metabólicas ótimas (FERREIRA, 2011; BANG *et al.*, 2016).

Além disso, a criação de frangos de corte de maneira intensiva faz com que os animais tenham reduzida margem de manobra para ajustes comportamentais necessários, dessa forma, o progresso nos índices de produtividade depende diretamente das condições do ambiente térmico ao qual a ave está inserida, ressaltando dessa forma a importância de manter os índices bioclimáticos de conforto dentro da zona de termoneutralidade das aves (FURLAN; MACARI; MAIORKA, 2014).

O crescimento da avicultura no Brasil nos últimos anos resultou no aumento da quantidade de resíduos produzidos por essa atividade e, conseqüentemente, no aumento do uso desses resíduos como adubo agrícola para melhorar a qualidade do solo, após tratamento adequado.

A utilização dos resíduos de animais, como cama de aviário é utilizado para melhoria dos aspectos físicos do solo, tais como a redução da compactação, porosidade, retenção de água e sua infiltração no solo podendo constituir um ciclo fechado, no qual a energia que entra em forma de nutrientes, irá sair na forma de resíduos e serão utilizados na sua própria produção e serão comercializados em forma de proteína. (FARIA *et al.*, 2020)

Deste modo, a avaliação energética e o uso de um sistema mais preciso para quantificar essa energia é de extrema importância na formulação de rações para aves, pois, conforme o tipo de alimento, irá alterar a quantidade e a composição dos resíduos gerados. Torna-se imprescindível destacar que a poluição ambiental provocada pela excreção excessiva de nitrogênio, fósforo e alguns microminerais na produção avícola já é realidade em diversas partes do mundo, inclusive em algumas regiões do Brasil. Atualmente têm-se regiões em vários estados do Brasil com problemas graves relacionados com produção de aves de corte e/ou de postura, sendo o solo e a água alvos de maior preocupação. Assim, a produção avícola mundial impõe novos desafios para serem superados. (FARIA *et al.*, 2020).

Vários artigos têm reportado as perdas de nitrogênio a partir dos resíduos avícolas (esterco e cama). Com base no teor total de nitrogênio medido no esterco, ovos e carcaças num sistema de alojamento de poedeiras, 40% desse nitrogênio que entrou na forma de ração foi perdido para a atmosfera na forma de amônia (NH_3) (LORENZ; PATTERSON, 1996; LORIMOR *et al.*, 2000).

De fato, Hartung (1990), citado por Lorimor *et al.* (2000) reportou que 37% de todo o nitrogênio perdido por sistemas de confinamento de animais é transportado para a atmosfera na forma de NH_3 . Em geral, as perdas de nitrogênio na forma gasosa são consideradas em termos de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) através do ar que passa pela estrutura de alojamento (LORIMOR *et al.*, 2000).

Os paradigmas do respeito ao bem-estar na criação industrial de aves exercem influência nos sistemas de produção animal, com o resultado da retirada dos promotores de crescimento das rações, além de um controle maior do volume considerável de dejetos gerados diretamente por essa atividade. As iniciativas para minimizar a poluição gerada por estes dejetos envolvem a utilização da cama de frango como fertilizante, a fim de diminuir o impacto desses resíduos no meio ambiente (BERTECHINI *et al.*, 2006).

Os sistemas de produção animal, sobretudo em confinamento, constituem importantes exemplos nos quais o nitrogênio entra em altas quantidades, através de rações ricas em aminoácidos no intuito de melhorar o desempenho produtivo dos animais. Dentre os sistemas de confinamento animal, a indústria avícola tem se destacado a nível mundial por vários motivos, os quais incluem: qualidade dos produtos gerados (ovos e carne, que são fontes de proteína de ótima qualidade para a dieta humana e de baixo custo), ciclos curtos (no caso dos frangos de corte) e nível de tecnologia relativamente alto, o que torna a produção mais homogênea e eficiente (LORIMOR *et al.*, 2000).

Segundo Lafay e Nascimento (2010), a entrada de energia na avicultura se dá principalmente através da ração oferecida às aves, que contém nutrientes como carboidratos, proteínas e gorduras. Já as saídas de energia incluem o calor produzido pelas aves, a energia gasta durante a atividade física e a energia utilizada para a produção de ovos e carne. Além disso, é importante ressaltar que a avicultura também pode gerar energia através da produção de biogás a partir do tratamento dos resíduos orgânicos das granjas, esta entrada de energia refere-se à gestão e fornecimento eficiente de recursos energéticos nos sistemas de produção de aves, sendo um aspecto crucial para garantir o funcionamento adequado das instalações, o conforto térmico das aves e a operação de equipamentos essenciais.

A eletricidade é vital para alimentar sistemas de iluminação, aquecimento, ventilação, resfriamento e equipamentos automatizados. A entrada de energia sustenta sistemas de aquecimento em climas frios e sistemas de ventilação em climas quentes, sendo o conforto térmico crucial para o bem-estar e a produtividade das aves. É necessária uma abordagem proativa em termos de manutenção preventiva, mantendo os equipamentos em boas condições de funcionamento e contribuindo para a eficiência e confiabilidade do sistema, obtendo uma melhor eficiência. Isso é essencial para a sustentabilidade econômica e ambiental da avicultura, contribuindo para a produção saudável, o bem-estar animal e a conformidade com padrões regulatórios.

2.3 Caracterização dos resíduos da avicultura

A cama de frango é o resíduo sólido de maior volume produzido no aviário, é um material usado no piso de instalações avícolas para fornecer um ambiente confortável e absorvente para as aves. Esta cama é composta por uma variedade de materiais orgânicos.

A maravalha é frequentemente usada como componente principal da cama de frango. Trata-se de lascas finas de madeira resultantes do processo de marcenaria ou serragem. Esses materiais são escolhidos por sua capacidade de absorver umidade e proporcionar um ambiente seco. A palha de arroz é outro componente comum na cama de frango. Ela é obtida a partir das plantas de arroz após a colheita e possui características absorventes, ajudando a manter o ambiente seco (BENTO; GALVÃO JÚNIOR; SOUZA, 2009). Ao final do ciclo de uso a cama de frango é uma mistura de excreta, penas de aves, ração e o material utilizado sobre o piso.

Em algumas regiões, materiais vegetais como capim ou feno podem ser adicionados à cama de frango para fornecer conforto adicional e ajudar na absorção de

umidade. A casca de amendoim ou de milho podem ser usadas também como componente da cama de frango, pois esses materiais também têm propriedades absorventes. O farelo de arroz, subproduto do processamento do arroz, pode ser incorporado à cama de frango como uma fonte adicional de material absorvente.

Em algumas situações, a casca de café pode ser utilizada na composição da cama de frango, mas essa escolha pode ser baseada na disponibilidade local dos materiais. Em geral, subprodutos agrícolas que possuem características de absorção e conforto são considerados para a composição da cama de frango. O esterco das próprias aves contribui para a composição da cama, já que adiciona nutrientes orgânicos à cama à medida que as aves eliminam excrementos. Em alguns casos, aditivos podem ser incorporados à cama de frango para melhorar suas propriedades, como agentes antimicrobianos para controlar o crescimento de patógenos (AZEVEDO; FIOREZE; SERANTONI, 2020).

Os resíduos da avicultura, como fezes, urina e restos de ração, possuem características específicas. São ricos em matéria orgânica, nutrientes como nitrogênio e fósforo, e podem apresentar um alto teor de umidade. Esses resíduos podem ser utilizados como fertilizantes na agricultura ou serem tratados para a produção de biogás, contribuindo para a gestão sustentável dos resíduos na avicultura (FONSECA *et al.*, 2016).

Contudo, a cama de frango, uma mistura composta por palha, fezes e urina das aves, restos de ração e penas, destaca-se por sua riqueza em carbono, representando cerca de 39%, e devido à sua disponibilidade geralmente a baixo custo nas propriedades agrícolas, tem sido frequentemente escolhida pelos produtores como uma opção viável para a adubação (MAAS *et al.*, 2011).

De acordo com Moreng e Evans (1990), 100.000 galinhas poedeiras produzem cerca de 12 toneladas de esterco por dia, uma média de 0,11 kg por ave/dia e Coelho (1973), El Boushy e Van Der Poel (1994) concordaram com uma média de 0,12 kg por ave/dia.

Em estudo que caracterizou o dejetos de galinhas poedeiras criadas em diferentes sistemas de produção, sistema automatizado e convencional, encontrou a seguinte porcentagem de matéria orgânica compostável de 24,64 a 24,70, matéria orgânica resistente à compostagem de 43,80 e 44,66, de Carbono 13,68 e 13,72 e Nitrogênio de 6,68 e 7,40, respectivamente referente ao automatizado e convencional. Os dejetos de frango irão variar conforme o sistema de produção, genética e principalmente a alimentação. A cama de frango possui composição diferente dos dejetos das aves, considerando-se a produção média de cama de 2,19 kg por frango de corte na matéria natural (SANTOS; LUCAS JUNIOR, 2003)

Santos (1997) estudou os teores de minerais em diferentes tipos de cama de frango (N: Napier; NM mistura de Napier + Maravalha e M: Maravalha) e após dois ciclos de criação encontrou as seguintes doses: 2,25 de N g/100g, 1,07 de P g/100g, 3,15 de K g/100g, 2,21 de Ca g/100g, 0,59 de Mg g/100g e 0,030 de S g/100g.

Konzen (2003) encontrou a seguinte composição na cama de frango (g/100g): 3,00 de N, 2,40 de P, 3,65 de K, 2,30 de Ca, 0,73 de Mg e 65,5 de matéria orgânica.

À medida que a produção nacional de frangos aumenta, maiores quantidades de cama são geradas. É notória a necessidade iminente de considerar opções de manejo e destino para esse resíduo, a fim de minimizar os impactos causados por ele.

Por muito tempo, a cama de frango foi fornecida para ruminantes. No entanto, devido a problemas sanitários ocorridos na Europa em 2001, como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), e através da IN 8 de 26 de março de 2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, proibiu a comercialização da cama de frango com a finalidade de alimentação para ruminantes (BRASIL, 2001).

Esta proibição se deve aos riscos de contaminação da cama com restos de ração que possam conter proteína de origem animal em sua composição e devido à dificuldade de fiscalização em todo o território brasileiro para diferenciar se as aves foram alimentadas com proteína especificamente vegetal ou animal, a instrução proíbe o uso de qualquer cama de frango, independentemente de sua origem. Com essa correta proibição, o destino para a cama de frango tornou-se restrito, tornando necessário realizar pesquisas adicionais para estudar alternativas de aproveitamento desse resíduo.

A reutilização da cama de frango é uma alternativa viável para reduzir o impacto ambiental decorrente do acúmulo desse resíduo. Além disso, essa prática beneficia regiões onde há escassez do material base e dificuldade em vender a cama após a saída dos animais. Outras razões para reutilizar a cama de frango incluem o custo de aquisição do material, a mão de obra necessária para retirá-la do galpão e a tentativa de diminuir o tempo ocioso das instalações, além disso, a reutilização contribui para a diminuição da atividade madeireira, tornando escassa a oferta de maravalha. Também é importante adaptar-se às épocas do ano para garantir a disponibilidade dos materiais (MENDES, 2004).

Uma das alternativas é o uso como fertilizante em lavouras de milho, feijão, soja e pastagem, porém necessita-se de realizar um tratamento da cama de frango antes de sua utilização. A escolha do tratamento requer estratégias de caracterização da granja, como área disponível, localização e atividades agrícolas ou zootécnicas, sendo o conhecimento da quantificação e caracterização dos resíduos fundamentais para o gerenciamento, influenciando

as operações de remoção, pré-tratamento, escolha do tratamento e transporte (AZEVEDO; FIOREZE; SERANTONI, 2020).

2.4 Métodos de tratamento do resíduo da avicultura brasileira

Em 4 de dezembro de 2007, foi regulamentada pelo MAPA a IN nº 56/2007 que dispõe sobre os procedimentos para registro, fiscalização e controle de estabelecimentos avícolas de reprodução e comerciais (BRASIL, 2007). A IN estabelece as diretrizes a serem seguidas para a adequação de como obter registro da propriedade rural que desenvolva atividade avícola. Algumas adequações abrangem o correto destino das aves mortas durante o processo de criação das aves, entre elas a compostagem.

O tratamento de resíduos na avicultura brasileira é uma questão importante para garantir a gestão ambientalmente responsável desses subprodutos. Diversos métodos são empregados para tratar os resíduos da avicultura, visando a redução de impactos ambientais e a maximização do aproveitamento sustentável dos materiais. Os métodos de tratamento dos resíduos da avicultura brasileira podem incluir a compostagem, a biodigestão anaeróbica e o tratamento físico-químico. A compostagem envolve a decomposição controlada dos resíduos para a produção de adubo orgânico. A biodigestão anaeróbica é um processo que converte os resíduos em biogás e biofertilizante. Já o tratamento físico-químico utiliza processos como sedimentação, filtração e desinfecção para remover impurezas e reduzir a carga orgânica dos resíduos. Cada método pode ser escolhido de acordo com as necessidades e regulamentações locais (PELÍCIA; SILVA, 2012).

2.4.1 Compostagem aeróbica

A compostagem é o processo biológico aeróbico que promove a estabilização dos resíduos orgânicos, o que acontece através da ação de enzimas e microrganismos, responsáveis por fragmentar e oxidar os detritos gradativamente. O composto gerado ao final do processo é estável, podendo já ser utilizado como um fertilizante orgânico (BUDZIAK; MAIA; MANGRICH, 2004).

Segundo Malheiros, Santos e Taveira (2017), compostagem é um método aeróbio de reciclagem e tratamento dos resíduos orgânicos que busca reproduzir algumas condições ideais observadas no processo natural de degradação da matéria orgânica, bem como garantir a segurança do processo. Uma boa compostagem depende do controle de alguns fatores-

chave, como umidade, temperatura, aeração (nível de oxigênio) e de nutrientes (carbono e nitrogênio).

Considerada um método econômico e natural, a compostagem promove a reciclagem da matéria orgânica através da decomposição e estabilização dos substratos descartados. Para que seja feita de maneira correta, precisa ter condições para desenvolver altas temperaturas, resultantes do calor biológico produzido durante o processo. Desde que sejam seguidas todas as etapas corretamente, ao final obtêm-se um composto de matéria orgânica sem a presença de patógenos, estável e que pode ter uma destinação aplicável como fertilizante (BUENO *et al.*, 2008).

O controle destes fatores favorece que os macroorganismos, como minhocas e insetos, assim como os microrganismos, como fungos e bactérias, atuem na acelerada degradação da matéria orgânica, garantindo a eliminação dos patógenos e evitando a presença de vetores de doenças. Ao final do processo, os resíduos reduzem de volume, transformando-se em um material de cor escura, textura homogênea e cheiro de terra, chamado de composto orgânico, que pode ser utilizado diretamente no solo, em jardins, vasos de plantas ornamentais e hortas e pomares domésticos, auxiliando inclusive a recuperação de áreas degradadas (MALHEIROS; SANTOS; TAVEIRA, 2017).

Um composto estável pode ser definido como aquele que apresenta, em sua maior parte, matéria húmica, além de elevada proporção de matéria biodegradável, capaz de proporcionar uma grande atividade microbiológica. Além de testes de fitotoxicidade, é possível verificar o grau de maturação do composto com a mudança de características como cor e odor ao longo da compostagem, a diminuição da temperatura ao final do processo (DOMINGUEZ; GÓMEZ-BRANDÓN; LAZCANO, 2008).

As ações sucessivas de microrganismos de diferentes tipos são responsáveis pelas diversas transformações a que os substratos orgânicos são submetidos durante o processo de compostagem. Todavia, além do material inicial, as condições proporcionadas durante a compostagem também desempenham papel importante na taxa e na extensão dessas transformações (GARCÍA *et al.*, 2006).

Existem diferentes formas de compostagem para tratar o resíduo orgânico como é o caso aqui da cama de frango. Existe a compostagem em leiras com aeração por movimentação também chamada de Windrow, leiras por aeração forçada, leiras estáticas e compostagem em Leiras Estáticas Aeradas (LEA). Quando comparados os dados entre a compostagem estática e a (LEA), Costa *et al.* (2010) demonstra que os resultados dos dois processos não apresentam diferença significativa nos níveis de humificação entre eles, que é

de 1,7 CTC/Carbono Orgânico Total (COT). No entanto, fica demonstrado no experimento que a trituração das carcaças de frango acelera o processo de humificação na LEA. Em sua conclusão, foi observado um coeficiente de humificação de cerca de 3,5 vezes o valor de referência no material da composteira. O material da LEA, aos 45 dias de compostagem, apresentou coeficiente de humificação de 3 vezes o valor de referência.

A compostagem de carcaças de animais em composteiras é uma alternativa de fácil implantação e baixo investimento operacional. No entanto, é importante tomar cuidados com a qualidade sanitária do processo. Nesse método, as carcaças são dispostas em camadas, intercaladas com materiais palhosos e esterco, permitindo sua decomposição natural e a redução de massa (EPA, 1999).

A compostagem de animais mortos é relativamente nova, se comparada à compostagem de resíduos orgânicos convencionais, tais como os resíduos sólidos urbanos e resíduos agrícolas. Ela surgiu na cadeia de produção de carne de aves na década de 80, após uma pesquisa na Universidade de Maryland ter demonstrado que as carcaças de aves eram totalmente biodegradadas em apenas 30 dias. Esse tipo de compostagem surgiu como alternativa às práticas mais comuns de disposição final desses resíduos, que são a queima, o enterro ou alimentação de animais, por ser uma alternativa segura do ponto de vista sanitário e ambiental, sendo de baixo custo de instalação e operação (GRAVES *et al.*, 2000).

Paiva (2008) recomendou o empilhamento (de aproximadamente 15 cm) de carcaça e/ou cama de frango deve ser alternado com a fonte de carbono (também de aproximadamente 15 cm) e adicionada água, sendo que a camada inicial e final deverá ser de fonte de carbono de, aproximadamente, 30 a 35 cm. Além disso, um espaço de 15 a 20 cm entre a parede da composteira e as carcaças deverá ser preenchido com a fonte de carbono, de modo que a carcaça não fique em contato com a parede da composteira.

Paiva *et al.*, (2012), estudando compostagem com uso de carcaça de ave, realizaram o tratamento em dois estágios, o primeiro, realizada em compostagem estática com as carcaças e outro no sistema *windrow*, ocorreu a eficiência do primeiro estágio da composteira na eliminação de microrganismos indesejáveis. As temperaturas superiores a 65 °C no material mantidas no processo do 2º ao 6º dia (1º estágio) já foram suficientes para a eliminação ou inativação dos microrganismos monitorados. Os resultados apresentados indicam a eliminação e, ou, redução de *Salmonella* e coliformes termotolerantes, após 20 dias de execução da compostagem. Orrico Jr *et al.* (2010), em experimento semelhante, não obtiveram resultados satisfatórios, para CTT após o 1º estágio restando no material $9,3 \times 10^4$ NMP g⁻¹ de material. Os autores só alcançaram resultados satisfatórios após 100 dias de

experimento, restando no material 230 NMP g⁻¹ de material, sendo que os últimos 20 dias foram no segundo estágio, já na fase de reviramento. Acredita-se que a maior eficiência obtida neste trabalho se deva às altas temperaturas alcançadas e mantidas durante o 1º estágio do processo.

Ao avaliar a eficiência do processo de compostagem no tratamento e na reciclagem dos resíduos como cama de frango e carcaças de aves, Lucas Júnior; Orrico; Orrico Júnior (2010), utilizaram camadas alternadas de cama de frango e carcaças de aves na composteira por um período de 60 dias. Esse período, chamado pelos autores de pré-compostagem, é o tempo suficiente para ocorrer a decomposição prévia das aves. Após esse período, o material foi retirado e alocado em um pátio de compostagem, por mais 60 dias, e revolvido. Após este período, foram coletados materiais e feitas análises que obtiveram os seguintes resultados: 50 °C de temperatura do 2º ao 27º dia de compostagem, com pico de 64 °C no 7º dia e obtiveram valores ao final de todo o processo de 2,90 g/100g P; 3,09 g/100g K; 0,55 g/100g Mg; 1,14 g/100g Ca; 0,82 g/100g; 15,48 mg/100g ZN; 111,81 mg/100g Fe; 35,63 mg/100g Mn; 16,8 mg/100g Cu; 1,7% N; 22,25% C; 12,43% C/N; 6,8 PH. Foram observadas também reduções elevadas de ST e principalmente de N, que durante a fase de compostagem chegou a 71,6% de perdas. Com relação ao NMP de coliformes totais e termotolerantes, as reduções chegaram a 100%. A compostagem de carcaças e cama de frangos demonstrou ser um método eficiente para o tratamento e o aproveitamento desses resíduos e utilizando a relação citada por Kiehl (1985) de 3/1 em kg de cama de frango e carcaças de aves, respectivamente, mantendo a umidade entre 40 a 60%.

Inácio (2010), concluiu ao final de seu trabalho que os níveis de umidade (60%), temperatura (55.7 °C), oxigênio (10 a 18%), carbono (383 g/kg) e nitrogênio (14.7 g/kg) de leiras de compostagem feitas com aparas de grama, restos de alimento e cama de cavalo e de aves, resultou em um processo adequado para compostagem.

2.4.2 Compostagem anaeróbica (biodigestão anaeróbica)

Segundo Lucas Júnior, Orrico e Orrico Júnior (2010), a biodigestão anaeróbica é um processo que ocorre na ausência de oxigênio, no qual os resíduos orgânicos são decompostos por microorganismos para produzir biogás (principalmente metano, pode ser utilizado como fonte de energia) e biofertilizante em nível bacteriano, a biodigestão anaeróbia acontece em 4 etapas: a hidrólise, acidogênese, acetogênese e a metanogênese.

Na hidrólise, as ligações moleculares complexas (polímeros) como carboidratos, proteínas e gorduras, são quebradas por enzimas em um processo bioquímico, liberadas por um grupo específico de bactérias e dão origem a compostos orgânicos simples (monômeros) como aminoácidos, ácidos graxos e açúcares. Na acidogênese, as substâncias resultantes da hidrólise são transformadas por bactérias fermentativas em ácido propanóico, ácido butanóico, ácido láctico e álcoois, assim como hidrogênio e gás carbônico. A formação de produtos nesta fase também depende da quantidade de hidrogênio dissolvido na mistura. Quando a concentração de hidrogênio é muito alta, interfere negativamente na eficiência da acidogênese, o que causa o acúmulo de ácidos orgânicos. Com isso, o potencial Hidrogeniônico (pH) da mistura baixa e o processo pode ser quase que totalmente afetado. Na acetogênese, o material resultante da acidogênese é transformado em ácido etanóico, hidrogênio e gás carbônico por bactérias acetogênicas. Essa é uma das fases mais delicadas do processo, pois é necessário manter o equilíbrio para que a quantidade de Hidrogênio gerada seja consumida pelas bactérias archeas responsáveis pela metanogênese. A metanogênese ocorre por diferentes grupos de bactérias, basicamente, por meio de duas reações. Na primeira reação ocorre a geração de metano e gás carbônico derivados do ácido acético. Na segunda, o hidrogênio e o gás carbônico dão origem ao metano e a água. (KUNZ; STEINMETZ; DO AMARAL, 2022).

A digestão anaeróbia de excretas, uma das modalidades de bioconversão, apresenta diversas vantagens, incluindo a transformação de resíduos orgânicos em biogás metano, que pode ser aproveitado diretamente como fonte de energia. Além disso, auxilia na diminuição da emissão de amônia e no controle de maus odores. O efluente gerado nesse processo anaeróbico também pode ser utilizado como biofertilizante nas lavouras, sendo uma fonte rica em diversos minerais e contribuindo para a rápida recuperação dos investimentos na tecnologia utilizada. Além destas mencionadas, há outras vantagens da digestão anaeróbia que podem ser destacadas, como: a ajuda na redução das emissões de gases de efeito estufa, incluindo o metano (CH₄); a preservação de áreas destinadas a aterros sanitários, o que reduz a concentração de metais no solo e evita a lixiviação para os aquíferos; mudanças nas dinâmicas familiares e sociais em comunidades de baixa renda devido ao acesso a energia, a um custo reduzido e suas diversas consequências positivas; impacto positivo na balança comercial do país pela substituição de combustíveis fósseis e diminuição da carga tributária relacionada; redução de distorções de mercado associadas a práticas monopolistas no setor de energia, promovendo a autossuficiência; atuação como um mecanismo de segurança para os

sistemas locais ou regionais de geração e distribuição de energia, além da criação de oportunidades de emprego (FUKAYAMA, 2008).

Abaixo na tabela 1, pode-se observar a produção de biogás por cama de frango comparado com dejetos de outros animais. Pode-se observar que essa forma de tratar o resíduo de aves apresenta melhor potencial que outros animais.

Tabela 1 – Produção de biogás para diferentes espécies.

Animal	SV kg/animal/dia)	SV reduzidos (%)	Biogás m3 /dia)	Energia kcal/dia)
Bovino leiteiro	3,904	48	0,232	16.578
Bovino de Corte	2,679	45	0,840	4.485
Galinhas	4,268	60	2,016	10.763
Frango de Corte	5,448	60	2,576	13.753

Legenda: SV: sólidos voláteis

Fonte: Adaptado de Schwart *et al.*, (2005).

2.4.3 Tratamento físico-químico

Na figura 3 abaixo, estão representados os diferentes tratamentos em um fluxograma:

Figura 3 – Fluxograma de diferentes tratamentos de resíduos na avicultura.

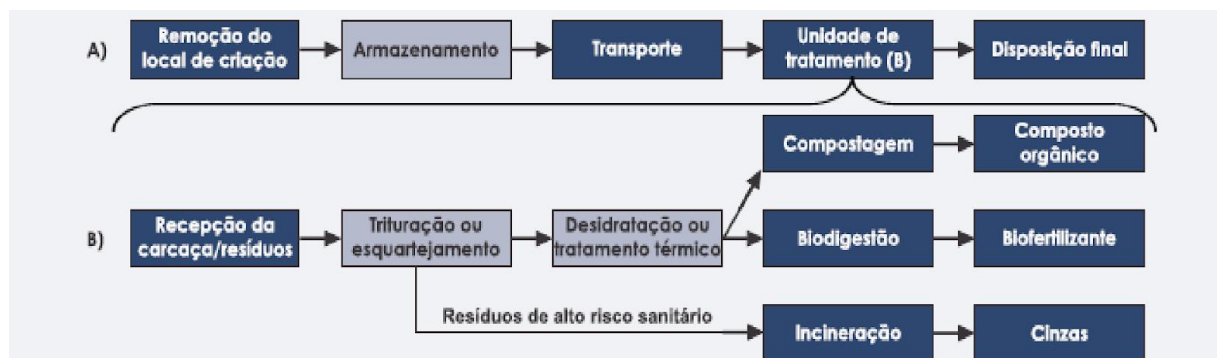


Figura 3: Etapas do processo de destinação das carcaças oriundas da mortalidade rotineira de animais nas propriedades rurais. As caixas delimitadas por linha tracejada indicam etapas que são opcionais e indicadas de acordo com a tecnologia de tratamento a ser empregada posteriormente (compostagem, biodigestão e incineração). TEC-DAM, 2017.

Outras maneiras de destinar as carcaças de aves que morrem durante o processo de criação de um lote de aves de corte incluem enterramento. Essa é uma alternativa simples e de baixo custo para os criadores, porém não é indicada, pois acarreta uma maior probabilidade de contaminação ambiental (ALMEIDA *et al.*, 2023).

Segundo Oliveira e Vicentini (2019), a incineração é um método que envolve a queima controlada dos resíduos a altas temperaturas, possui um custo muito superior e ordena alta capacitação técnica. Esse processo reduz o volume dos resíduos, elimina patógenos e pode gerar energia térmica. No entanto, a incineração também gera emissões atmosféricas, sendo necessário o controle adequado para evitar impactos ambientais negativos. Para que os problemas ambientais decorrentes dos resíduos da avicultura sejam resolvidos, torna-se indispensável um manejo apropriado da cama de aviário, com investimentos em procedimentos mais adequados e modernos.

A incineração é um método considerado prático e seguro do ponto de vista sanitário, sendo recomendado em casos de problemas sanitários graves. A incineração das carcaças reduz consideravelmente o volume, facilitando o descarte das cinzas. De acordo com a Resolução 316/202 do CONAMA, a temperatura da combustão deve ultrapassar os 800°C, utilizando eletricidade ou gás como fonte de energia. É possível incinerar cargas de 45 a 60 quilos de carcaça por hora (por exemplo, com o Incinerador Perozin modelo Inca 40, desenvolvido pela Embrapa Suínos e Aves) representado nas figuras 4 e 5 abaixo. A produção de cinzas resultante da incineração de carcaças de aves é de aproximadamente 2,28%, e essas cinzas são estéreis e ricas em nutrientes, podendo ser utilizadas como fertilizante. (NICOLOSO *et al.*, 2017).

Figuras 4 e 5 – Incinerador de carcaças de suínos e aves



Figura -Incinerador de carcaças de suínos e aves e resíduos de alto risco sanitário (A). Carcaça durante processo de incineração com temperatura superior a 800°C (B). Laboratório TEC-DAM, Embrapa Suínos e Aves, 2017.

Uma opção tecnológica para o tratamento de carcaças em atividades de suinocultura e avicultura é a utilização de desidratadores visando a redução do volume dos animais mortos de 60% a 80% por perda de água e o tratamento térmico das carcaças para inativação de patógenos (WILBERT *et al.*, 2016).

Nesse processo não ocorre a queima ou incineração das carcaças, apenas a emissão de vapor d'água e gases da queima da lenha ou biogás utilizado como fonte de energia. Para o uso do desidratador, as carcaças devem ser esquartejadas no caso de suínos maiores ou colocadas inteiras no caso de aves ou leitões. O equipamento é formado por um cilindro rotativo geralmente em aço com capacidade de 100 a 750 kg de carcaças. Para a rotação do cilindro é utilizado energia elétrica e para a desidratação das carcaças é utilizada lenha, pellet ou pode ser adaptado para operar com biogás. Geralmente o tempo de operação do desidratador é de 4 a 5 horas dependendo do tamanho e tipo das carcaças, conforme figura 6:

Figura 6 – Desidratadores de carcaças de aves e suínos



Modelos de desidratadores de carcaças de suínos e aves. Os equipamentos utilizam Lenha para aquecimento e energia elétrica para movimentação do cilindro rotativo. Laboratório TEC-DAM, Embrapa Suínos e Aves, 2017. Fonte: Gustavo J.M.M. de Lima/Embrapa.

Equipamentos com novas tecnologias como Roto Acelerador de compostagem e o desidratador para destinar as aves mortas, também são utilizados na gestão desse resíduo, reduzindo o impacto ambiental, mas demandam um maior investimento financeiro ao produtor. Em um estudo realizado no Noroeste do Paraná com a participação de 30

propriedades, cuja principal atividade é a avicultura de corte, e que 77% das propriedades possuíam de 1 a 2 aviários do tipo Dark house com alojamento médio entre 30.000 e 35.000 aves por aviário e mortalidade entre 3 e 6% de média por lote, mostrou que o principal destino das aves mortas foi de 90% para a compostagem, 7% destinou-se ao desidratador e 3% para o Roto Acelerador e o destino desse material ao final desses processos foram 74% no uso para adubo em sua propriedade, 13% comercializado para outras empresas e 13% enterrado na mesma propriedade (ALMEIDA *et al.*, 2023).

Além das carcaças de aves mortas, a criação industrial de frango de corte também produz uma quantidade de 1,5 kg de cama de frango por ave alojada. Ao final da criação do lote, é preciso dar um destino a este resíduo, que pode ser a renovação total ou a reutilização da cama para o próximo lote e, neste caso, a cama precisa passar por um tratamento para diminuir a quantidade de possíveis patógenos. Para o tratamento da cama de frango no intervalo entre lotes com o objetivo de redução da concentração de bactérias, pode-se utilizar cal virgem (CaO) ou cal hidratada (CaOH) para alcançar uma alcalinização com pH acima de 11 a um baixo custo, de preferência com a escolha de cal virgem. A dosagem indicada para redução da unidade de formação de colônias de *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em 97% é de 300 g de CaO por m² de área de cama, e 600 a 900 g de CaO por m² para uma redução de 100% (PRÁ; ROLL, 2019).

2.5 Produto da compostagem e da cama de frango

A aplicação de fertilizante orgânico derivado da compostagem e da cama de frango pode desempenhar um papel significativo na aprimoração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Com a crescente intensificação da produção de frango de corte, observa-se um aumento proporcional no volume de resíduos gerados por essa atividade, então pode-se produzir dois diferentes tipos de produtos como o adubo orgânico e o adubo organomineral.

2.5.1 Adubo orgânico

Nos últimos tempos, tem crescido a preocupação com o sistema produtivo e como ele se relaciona com o meio ambiente, bem como os esforços para adequar a produção no campo a um patamar sustentável de desenvolvimento. Para isso, é preciso atender a pilares fundamentais de cunho social, ambiental e econômico. Nesse cenário, o solo ganha destaque

como um dos recursos naturais mais importantes para o desenvolvimento de uma maior qualidade de vida. Isso se dá, em especial, pelo papel de destaque que o solo representa no ciclo da água, nos ciclos dos nutrientes e na sustentabilidade dos sistemas naturais, a exemplo de campos e florestas primárias. (AMORIM *et al.*, 2015).

Um importante papel é desempenhado pela matéria orgânica quando se trata do equilíbrio da atividade microbiana do solo que, por sua vez, atua na regulação da mineralização e decomposição dos resíduos orgânicos. Também tem destaque, em grande parte, na capacidade de troca iônica dos solos, influenciando de maneira importante as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Fatores climáticos, propriedades químicas e físicas do solo influenciam diretamente na produtividade local. Mas, em termos de grandeza, pode-se dizer que esses três fatores não possuem a mesma grandeza, sendo o fator climático o mais importante, isso se dá porque o seu controle é mais difícil, podendo ser classificado como fatores primários. Por sua vez, os fatores secundários seriam as condições físicas, que possuem um grau médio e podem ser controladas de maneira mais assertiva. Seguindo essa classificação, os fatores terciários se referem às condições químicas, sobre as quais se desenvolveu um controle mais efetivo (KIEHL, 1985).

Segundo os dados disponibilizados pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), o país importou em 2018 mais de 27 milhões de toneladas de fertilizantes. Em 2020, a importação de fertilizantes intermediários foi superior a 32 milhões de toneladas, e a Associação tem registrado um aumento crescente no volume de importação nos últimos quatro anos (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS, 2022). Com a alta do dólar nos últimos anos, somada à dificuldade de distribuição pela logística do país, o uso de fertilizantes químicos tem se tornado um fator oneroso e limitante no custo de produção, cujo resultado é sentido de maneira significativa na lucratividade do setor (CASTRO; LIMA; REIS, 2006). Andrade *et al.* (2011) sugeriram como alternativa explorar o aproveitamento de resíduos gerados no país, pois podem se mostrar uma opção interessante se forem utilizados adequadamente.

Estudos mostraram que é preciso atenção para preservar e otimizar o setor produtivo, dedicando um cuidado extra à manutenção do solo, tanto quando se trata do plantio e cultivo da soja, quanto às demais culturas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2015). Para isso, os adubos orgânicos e minerais podem ser utilizados, visando melhorar a qualidade do solo e incrementar a produtividade. Na maioria das vezes, são utilizados fertilizantes minerais quando se visa a uma maior produtividade da cultura de soja, o que acarreta um aumento de custo da produção, além de impactar também na questão ambiental (CAMPO *et al.*, 2005).

Estes fertilizantes industrializados possuem algumas vantagens na adubação do solo, como a grande concentração de nutrientes e a disponibilidade deles para as plantas, que conseguem absorvê-los de maneira muito rápida.

Como verifica-se baixa concentração de NPK nos adubos orgânicos, essa complementação pode ser feita com a adição de minerais ao composto, resultando num produto completo e que oferece os nutrientes necessários às plantas ao longo do seu crescimento (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007). Além disso, há um incremento do pH com a utilização dos resíduos orgânicos, mantendo níveis adequados de fósforo e potássio no solo. A sua solubilidade mais lenta também reduz a perda de nitrogênio por lixiviação. Os fertilizantes químicos que contêm fósforo e potássio, quando associados aos compostos orgânicos, ajudam a elevar os teores no solo destes elementos (CASTRO; RUPPENTHAL, 2005).

Ao avaliar as características agrônômicas da soja e os teores de nutrientes no solo, Carvalho *et al.* (2011) associou fertilizante mineral NPK ao resíduo orgânico cama de frango e o material utilizado como cama para forrar o aviário foi a palha de arroz, utilizou-se para o experimento o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições em um esquema de parcelas subdivididas e a variedade de soja utilizada no estudo foi a BRS Favorita RR.

Os tratamentos aplicados nas parcelas consistiam em quatro doses de cama de frango (0; 3; 6 e 9 Mg ha⁻¹), aplicadas em toda a área um dia antes da plantação da soja e incorporada com gradagem. Já as subparcelas incluíram cinco doses do fertilizante mineral NPK 04-30-10 respectivamente (0; 100; 200; 300 e 400 kg ha⁻¹), aplicados manualmente no sulco de semeadura.

A fertilização com o mineral resultou em aumento na altura de planta, na altura da inserção do primeiro legume, no número de legumes por planta e na produtividade de grãos de soja. Enquanto a aplicação da cama de frango, promoveu um aumento na altura da planta e de inserção do primeiro legume, no peso de 100 grãos, no número de legumes por planta e no rendimento de grãos de soja, contudo, em doses mais altas, houve propensão ao tombamento das plantas.

O uso da cama de frango mostrou-se viável tanto do ponto de vista agrônômico quanto no econômico para a cultura da soja. Além disso, a adição da cama de frango resultou em níveis mais elevados de potássio e enxofre no solo. Concluiu-se que as diferentes dosagens de cama de frango não alteraram o número de grãos por legume, os demais parâmetros avaliados tiveram uma alteração significativa.

2.5.2 Adubo organomineral

O Brasil apresenta uma considerável dependência da importação de fertilizantes para a agricultura. Nesse contexto, fontes alternativas como os fertilizantes organominerais, surgem como uma solução benéfica, proporcionando benefícios que vão além do simples aumento da fertilidade do solo, destacando-se por sua capacidade de contribuir para o aproveitamento de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal. Além disso, eles têm o potencial de elevar os níveis de matéria orgânica no solo, resultando no estímulo da atividade microbiológica do solo (LUCAS JÚNIOR; ORRICO; ORRICO JÚNIOR, 2010).

Para um incremento do adubo orgânico, que normalmente apresenta baixa presença de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK), e alta concentração de matéria orgânica, faz-se necessário o acréscimo desses minerais, de forma a que o composto final apresente uma melhor qualidade. Rabelo (2015) demonstrou que o enriquecimento da matéria orgânica proveniente de compostagem de resíduos da avicultura alcançou bons níveis de produtividade no cultivo de tomates, semelhantes ao adubo mineral, porém com reduzido custo e uma melhora significativa do solo. Houve melhora na retenção hídrica do solo, maior oferta de micro e macro nutrientes e da aeração do solo, facilitando a penetração e distribuição das raízes.

Segundo Martins (2018), a utilização de adubos organominerais na agricultura, se destacaram por apresentar um potencial de diminuição do custo de produção, maiores produtividades e buscarem a utilização de recursos mais sustentáveis. Os fertilizantes organominerais são combinações de fontes orgânicas, como o esterco animal juntamente com outro fertilizante mineral, apresentando maior concentração de nutrientes por se tratar de um produto mais estável, possuindo solubilização gradativa e sendo disponibilizados ao longo do ciclo de uma cultura, sendo benéfico o fornecimento da matéria orgânica, além dos macros e micronutrientes. A definição geral do fertilizante organomineral é a combinação de fertilizantes minerais e orgânicos, sendo os fertilizantes organominerais uma fonte alternativa atraente em relação aos convencionais.

De acordo com a IN nº 61, de 08 de julho de 2020 (BRASIL, 2020) os fertilizantes sólidos organominerais devem apresentar em sua formulação um mínimo de 8% de carbono orgânico; CTC: 80 milimol de carga por quilograma (mmolc kg^{-1}); macronutrientes primários isolados (nitrogênio, fósforo e potássio) ou em misturas (Nitrogênio/Fósforo, Nitrogênio/Potássio, Fósforo/Potássio ou NPK) em 5%; macronutrientes secundários em 5% e 20% de umidade máxima.

Segundo Pessoa (2023), os fertilizantes organominerais são classificados a partir das matérias-primas utilizadas na sua produção em Classe A (produto que utiliza matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, isentas de despejos ou contaminantes sanitários) e Classe B (produto que utiliza quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais e apresenta o uso autorizado pelo Órgão Ambiental).

Segundo Júnior, Smiljanic e Matos (2017) que estudaram a eficiência de várias doses de fertilizante organomineral no plantio da soja em comparação com as recomendações de adubação mineral (N 05 - P 25 - K 15) e controle zero, os tratamentos incluíram a aplicação de fertilizantes minerais em uma dose de (300 kg ha⁻¹), adubação organomineral em doses de: (150, 300, 450, 600, 750, 900, 1050, 1200 e 1350 kg ha⁻¹) e controle em uma dose de (zero kg ha⁻¹). A adubação organomineral aumentou a produção de soja e a dose mais eficaz foi de 750 kg ha⁻¹. Avaliou-se a altura de planta, altura de inserção da primeira vagem na planta, número de ramificações na planta, número de vagens de um grão, número de vagens de dois grãos, número de vagens de três grãos, número de vagens por planta, massa seca de 1000 grãos e a produtividade por ha. A dose utilizada na adubação com fertilizante mineral na proporção de (300 kg ha⁻¹) foi inferior em todas as outras doses avaliadas de fertilizante organomineral. A produção de soja utilizando como adubação o organomineral, mostrou-se uma alternativa viável economicamente para a produção agrícola na cultura da soja na região de Mineiros/GO, pois o tratamento 1, sem o uso do organomineral, obteve o menor resultado: 58,89 sacas ha⁻¹ e o tratamento 6, com 600 kg ha⁻¹ de organomineral foi de 79,22 sacas ha⁻¹.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Compostagem

Para a estrutura de compostagem das aves mortas no processo de criação de frango de corte industrial de uma empresa localizada no Centro Oeste de Minas Gerais, foram construídas 111 baias em alvenaria, tendo 2,5 m de largura, 2,5 m de comprimento por 1,8 m de altura em um galpão de 195 m de comprimento por 12,5 m de largura, fechado em sua totalidade por tela com malha de 2,5 cm para evitar a entrada de pássaros e outros animais. O telhado do galpão foi feito com telhas de fibrocimento para evitar a entrada de água da chuva como mostra a figura 7 e 8 abaixo:

Figuras 7 e 8 – Galpão com detalhes das baias para produção de compostagem utilizando carcaça de frango morto e cama de frango da empresa de avicultura em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

A estrutura recebeu carcaças de aves mortas oriundas da mortalidade natural do dia a dia do processo de produção de frango de corte, adicionados à matéria seca (varrição da fábrica de ração) e cama de frango (com média de três lotes criados utilizando palha de amendoim), gerando um volume de 11,5 m³ por dia, suficientes para encher uma baia.

Para o início do procedimento de compostagem, usou-se uma camada de 10 cm de material seco (no caso desse experimento usou-se varrição da fábrica de ração), conforme Figura 9:

Figura 9 – Material seco proveniente de varrição da fábrica de ração forrando o fundo da composteira em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Após essa etapa, colocou-se uma camada de 5 cm de cama de frango, conforme figura 10:

Figura 10 – Camada de 5 cm de cama de frango depositada na composteira em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Posteriormente colocou-se as aves mortas posicionadas com o peito para baixo, sem encostar umas às outras, não deixando as aves encostarem na parede, conforme figura 11:

Figura 11 – Disposição das aves mortas na composteira em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Pode-se umidificar as aves com irrigador manual ou uma mangueira para evitar que haja mumificação das aves. Em seguida, cobrir as aves com cama de frango preenchendo todos os vãos, conforme figura 12:

Figura 12 – Cobertura por completo das aves mortas com cama de frango na composteira em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Por fim, mais uma camada de 5 cm de material seco, conforme figura 13:

Figura 13 – Camada de 5 cm de material seco na composteira em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Cada 1 m³, em média, correspondeu ao final do processo de compostagem a 355 kg, aproximadamente, totalizando 4.000 kg por baia. O tempo médio para o processo de compostagem de cada baia após ela ser completa por inteiro foi de cinco meses. Após esse período, a baia foi esvaziada, conforme figura 14, e o composto foi transportado para o pátio, construído com o intuito de receber os materiais das baias.

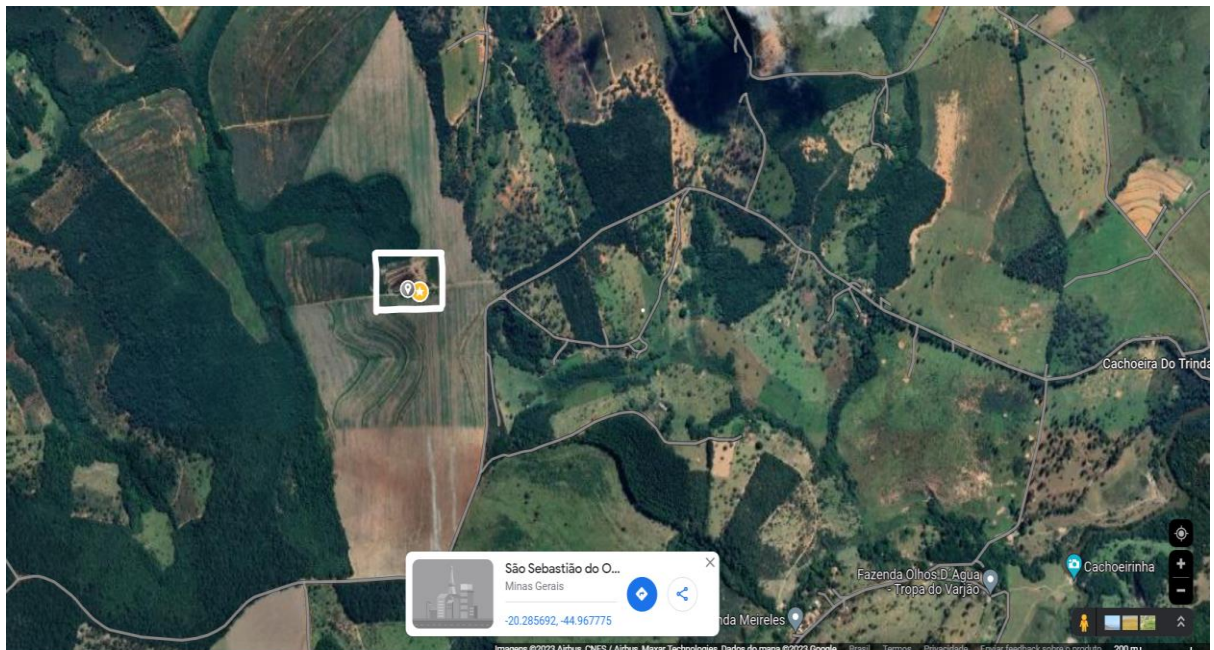
Figura 14 – Retirada do material após cinco meses das baias de compostagem em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Foi construído um pátio de 100 m de largura por 100 m de comprimento, sem cobertura, totalizando 10.000 m² em uma área rural no município de São Sebastião do Oeste, no Estado de Minas Gerais, com a localização destacada em branco na figura 15 em detalhe na figura 16. Esse pátio foi construído para a segunda etapa da compostagem.

Figura 15 – Localização da área do processo de produção do adubo organomineral em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: <https://www.google.com.br/maps/@-20.286036,-44.9619337,2460m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

Figura 16 – Pátio onde é feita a produção do adubo organomineral em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

3.2 Produção do adubo organomineral

O composto oriundo das compostagens foi retirado das baias de compostagem através de um trator com pá carregadeira frontal e depositado em caminhões basculantes, que eram pesados antes de descarregarem o material nas leiras. Dessa maneira, era possível manter o controle do peso total de cada leira.

Este composto foi depositado em leiras com 3 m de largura por 1,5 m de altura e 80 m de comprimento, com peso aproximado de 100 toneladas cada. As medidas que foram usadas para formar as leiras levaram em conta o tamanho e modelo do compostador e o tamanho do pátio que a empresa tinha de área disponível para realizar o processo.

Como o comprimento do pátio era de 100 m, foi preciso deixar 10 m em cada extremidade das leiras para poder manobrar o trator acoplado com o compostador e fazer o processo novamente retornando na mesma leira.

Na sequência, foi passado um compostador nas leiras e, em seguida, feita a inclusão de 5% de fosfato. O processo para realizar a inclusão do fosfato foi feito da seguinte forma:

- a) a cada 10 m, retirou-se uma amostra de 100 g do interior de cada lado da leira e colocou-se dentro de um balde, totalizando 2 kg de amostra;
- b) em seguida, o total da amostra foi homogeneizado para que uma amostra de 90 g fosse medida no analisador de umidade da marca AKSO®, modelo MB27.

Após o resultado final da umidade, realizou-se o cálculo descrito na figura 17 a seguir:

Quando a umidade estava abaixo da ideal, para o produto final pronto, que é de 40%, adicionava-se água às leiras e repetia-se o processo. Caso a umidade estivesse acima do ideal, o compostador era passado mais vezes para ajudar no processo de secagem. A finalização do processo de produção do adubo organomineral foi concluído em 30 dias, figuras 18 e 19:

Figura 18 e 19 – Processo final de produção do adubo organomineral em São Sebastião do Oeste, MG



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Foram feitas as seguintes análises físico-química no adubo organomineral finalizado: nitrogênio total, óxido de potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, matéria orgânica, micronutrientes (cobre, ferro, manganês, zinco, boro, fosfato); pH, carbono orgânico, CTC, CTC/C e umidade.

3.3 Experimento de campo: uso do adubo organomineral na produção de soja

A sequência do preparo da área para o plantio até a colheita, com uso do organomineral na lavoura de soja, no período do experimento, segue detalhado no fluxograma representado na figura 20:

Figura 20 – Fluxograma do preparo da área para o plantio até a colheita da soja



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

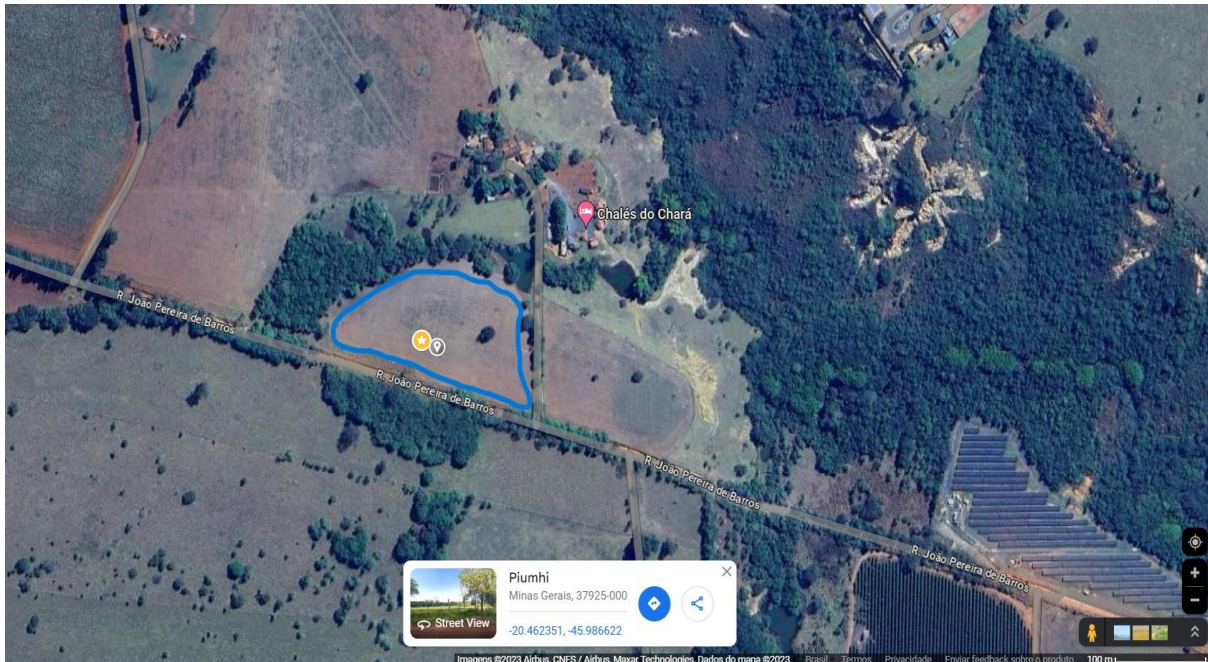
O produto escolhido para realizar a capina química na área total do experimento foi o Fusilade®, aplicado no dia 08/12/2022.

A aplicação de fungicida que foi feita na fase V5/V6 foi realizada no dia 18/12/2022, o produto utilizado nessa fase da planta de soja foi o Score Flexi®. A segunda aplicação já na fase R1, realizada no dia 24/12/2022, utilizou-se o produto Elatus®. Na terceira aplicação na fase R3, realizada no dia 14/01/2023, o produto escolhido foi o Mitrion® e na quarta e última aplicação na fase R5, realizada no dia 01/02/2023, utilizou-se o produto Cypress 400 EC®. Todas as aplicações foram seguindo a dosagem de recomendações dos fabricantes. As aplicações dos fungicidas foram feitas conforme indicações técnicas de Oliveira e Rosa (2014).

3.3.1 Localização do experimento

O experimento com o composto organomineral foi realizado na propriedade Fazenda Água Limpa, localizada na cidade de Piumhi no Centro-Oeste de Minas Gerais, onde utilizou-se a safra da soja 2022/23 plantada na área destacada em azul na figura 21.

Figura 21 – Mapa da área de plantio de soja na Fazenda Água Limpa, Piumhi, MG



Fonte: <https://www.google.com.br/maps/@-20.4619644,-45.9855594,731m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

3.3.2 Delineamento experimental do uso do adubo organomineral na soja

O arranjo experimental foi delineado em forma de blocos casualizados (DBC) composto por 5 (cinco) tratamentos de adubação utilizando o adubo organomineral e 5 (cinco) repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 8 (oito) linhas de plantio com 8 metros de comprimento e espaçadas de 0,50 metro entre si, totalizando 32m². A área útil de cada uma das parcelas corresponde a 2 linhas centrais espaçadas em 0,5 m e comprimento de 5m, totalizando 5 m² (Figura 17). O arranjo experimental foi composto por cinco tratamentos de adubação com organomineral: T1 – Testemunha, T2 – fertilizante organomineral na dose 2,5 ton/ha⁻¹ e T3 – fertilizante organomineral na dose 5 ton/ha⁻¹, T4- fertilizante organomineral na dose 7,5 ton/ha⁻¹ e T5 - fertilizante organomineral na dose 10 ton/ha⁻¹ (conforme Tabela 3).

A aplicação do composto foi realizada no dia 18 de novembro de 2022. Neste dia foi feita a aplicação pré-plantio do organomineral em cinco parcelas (figura 22).

Figura 22 – Representação do delineamento de cada parcela na área do experimento em Piumhi, MG

Delineamento				
1	4	2	5	4
5	3	5	3	1
2	1	4	1	2
4	5	3	2	5
3	2	1	4	3
1 - Controle				
2 - 2,5 ton/ha				
3 - 5 ton/ha				
4 - 7,5 ton/ha				
5 - 10 ton/ha				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O plantio da soja ocorreu no dia 20 de novembro de 2022 e foi usada a semente Cultivar: Brasmax desafio RR.

No mesmo dia do plantio usou-se o NPK na proporção de 400 kg/ha (08:24:12) respectivamente, em todas as repetições, inclusive no grupo controle. A cobertura pós-plantio foi realizada dois dias depois, 22/11/2022 na proporção de 100 kg/ha de Cloreto de Potássio (KCL), em todas as repetições, inclusive no grupo controle.

A quantidade usada em cada repetição de adubo organomineral, NPK (08:24:12) e KCL para o tratamento, cobertura pré-plantio, plantio e cobertura pós-plantio da área onde foi realizado o experimento está detalhada na tabela 3:

Tabela 3 – Tratamento, cobertura pré-plantio, plantio e cobertura pós-plantio no solo onde foi realizado o experimento em Piumhi, MG

Tratamento	Cobertura pré-plantio	Plantio	Cobertura pós-plantio
(N : P : K)			
Controle		400 kg/ha (08:24:12)	100 kg/ha (KCL)
2,5 ton/ha	2,5 ton/ha organomineral	400 kg/ha (08:24:12)	100 kg/ha (KCL)
5,0 ton/ha	5,0 ton/ha organomineral	400 kg/ha (08:24:12)	100 kg/ha (KCL)
7,5 ton/ha	7,5 ton/ha organomineral	400 kg/ha (08:24:12)	100 kg/ha (KCL)
10 ton/ha	10 ton/ha organomineral	400 kg/ha (08:24:12)	100 kg/ha (KCL)

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Abaixo estão os dados pluviométricos (Figura 23) na propriedade onde se realizou o cultivo da soja usando um pluviômetro como mostra a tabela abaixo:

Figura 23 – Dados pluviométricos do período do cultivo da soja em Piumhi, MG

Dados pluviométricos																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	T	
O	42		18	8	7		18	12	5																			3			5	118	
N	26						5		20	25	5	18				28	35			P	2			14				2	42			222	
D	13		12		34	30	38						26	16					32	5	50					10	60	33	23	18	4	404	
J	6		3	13	19	50	20	80	45	3	20	30	25		5				65		13			18	6	15	10	3	4		45	3	501
F								8	8	7			33		5	15	20							5				3				3	107
M						18	5		9			27	7				5				4	1				C				6			96
<p>Total de chuvas acumuladas, do plantio (20/11/2022) até a colheita (25/03/2023)</p> <p style="text-align: center;">1162mm</p>																																	

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

3.3.3 Variáveis analisadas

3.3.3.1 Análise de solo

Após a demarcação da área, foram realizadas as análises do solo onde ocorreu o experimento, antes da plantação da soja. A análise química do solo foi realizada na camada de 0-20 cm, antes da semeadura seguindo a metodologia do manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (SILVA, 2009). O resultado da análise está apresentado conforme anexos B, C e D, bem como, detalhadas nas tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4 – Agrupamento de determinações em análise de solo expressos por volume de terra fina, seca ao ar da área experimental situada no município de Piumhi, MG

Amostra	Profundidade	Soja	pHCaCl2	MO	P resina	P melich	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S	Na	SB	CTC	CTC Efetivo	V%	m%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
57346	0-20 Cm	Soja	4,9	36	6		2,2	36	11	34	<1,0	59		49,2	83		59	1	0,22	2,5	48	28,2	1,1
57347	20-40 Cm	Soja	5,4	28	3		1,6	25	9	38	1,9	91		35,6	74	37,5	48	5	0,19				
57348	40-60 Cm	Soja	5,5	27	2		1,5	22	8	33	1,5	50		31,5	65	33	48	5	0,16				
57349	60-80 Cm	Soja	5,4	27	<2		0,4	6	3	31	<1,0	58		9,4	40	10,3	24	9	<0,12				
57350	80-100 Cm	Soja	5,3	14	<2		0,4	8	2	29	1,4	89		10,4	39	11,8	27	12	<0,12				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Tabela 5 – Resultado de análise de solo da área experimental situada no município de Piumhi, MG

Amostra	Profundidade	Soja	Carbono Total	P Total	P Remanescente
57346	0-20 cm	Soja	0	0	8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

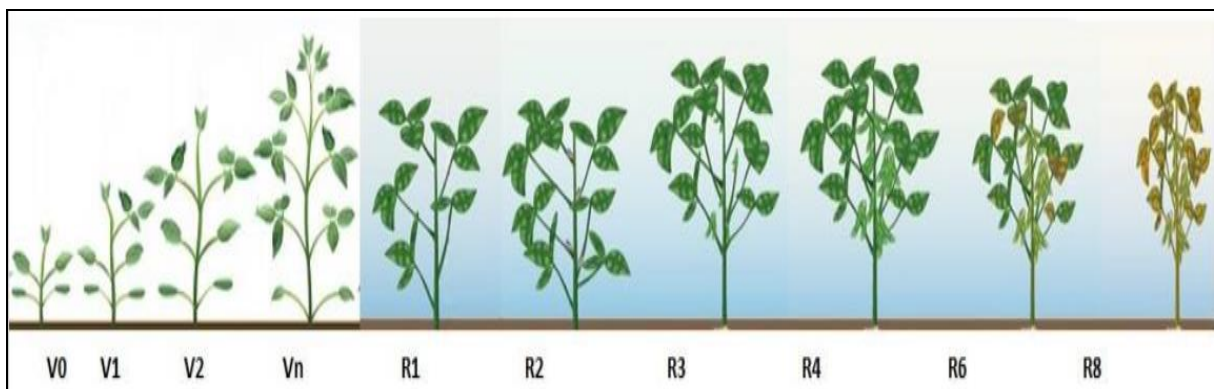
Tabela 6 – Resultado de análise textural de solo da área experimental situada no município de Piumhi, MG

Amostra	Profundidade	Soja	AREIA TOTAL g/kg	AREIA GROSSA g/kg	AREIA FINA g/kg	ARGILA g/kg	SILTE g/kg	Classificação
57346	0-20 cm	Soja	221	102	119	562	317	ARGILA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A imagem a seguir (Figura 24) ilustra as fases da planta de soja, as quais foram usadas para avaliação.

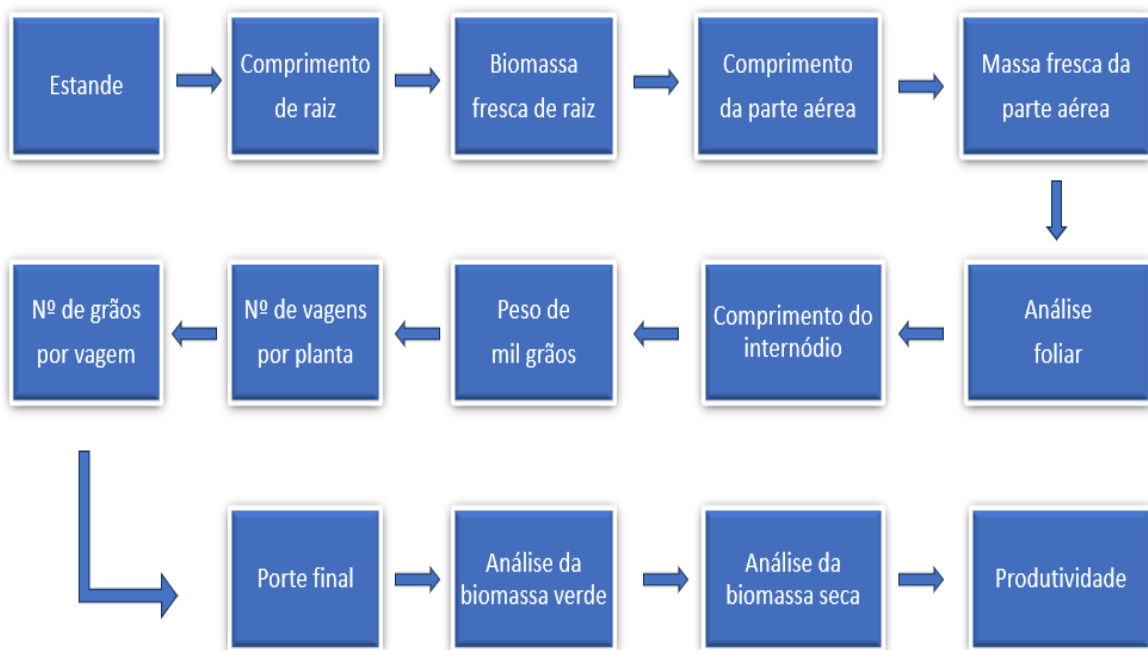
Figura 24 – Fases da planta de soja



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Foram realizadas as seguintes avaliações nas áreas úteis das parcelas sendo elas: estande de plantas, comprimento da raiz (cm), biomassa fresca da raiz, comprimento da parte aérea, massa fresca da parte aérea, análise foliar, comprimento do internódio, peso de 1.000 grãos (g), número de vagens por plantas, número de grãos por vagem, porte final, biomassa verde e seca, produtividade de grãos (kg/ha^{-1}), como mostra o fluxograma (Figura 25) a seguir:

Figura 25 – Fluxograma das avaliações feitas na soja da área experimental situada no município de Piumhi, MG



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

3.3.3.2 Estande de plantas

Para a avaliação do estande ocorrido em V3 contabilizou-se o número de plantas em 10 m lineares nas duas linhas centrais de cada parcela e extrapolou-se o valor para 20.000 m lineares, obtendo-se o número de plantas por hectare.

3.3.3.3 Comprimento da raiz

Na avaliação do comprimento da raiz V5 foram coletadas 3 plantas sequenciais na segunda linha de cada parcela experimental, desconsiderando 1 m da bordadura, e mensurou-se o comprimento da raiz, medindo do colo da planta até o fim da raiz principal.

3.3.3.4 Biomassa fresca de raiz

Para avaliar a massa fresca de raiz V5, usou-se as mesmas plantas coletadas para avaliação de comprimento de raiz utilizadas para pesagem. Separou-se o sistema radicular da parte aérea e pesou-se em uma balança de precisão.

3.3.3.5 Comprimento de parte aérea

Na avaliação do comprimento de parte aérea V5, utilizou-se as mesmas plantas da avaliação anterior, mensurou-se o comprimento da parte aérea, medindo do colo da planta até a inserção do último trifólio.

3.3.3.6 Massa fresca da parte aérea

Para avaliar a massa fresca da parte aérea V5, usou-se as mesmas plantas já coletadas, separando-as do sistema radicular e pesadas em balança de precisão.

3.3.3.7 Análise foliar

Para a análise foliar que ocorreu na fase R1, foram coletados na área útil de cada parcela, de forma aleatória, dez trifólios, considerando o 3º trifólio a partir do ápice na haste principal.

Posteriormente, foram encaminhados para o laboratório RiberSolo e analisadas quimicamente os seguintes parâmetros foliar: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, estes em g/kg. Os demais parâmetros como boro, cobre, ferro, manganês e zinco em mg/kg.

3.3.3.8 Comprimento do internódio

Na avaliação do comprimento do internódio R5, a medida foi obtida pela divisão do porte final das mesmas três plantas coletadas pelo número médio de nós dessas plantas.

3.3.3.9 Peso de mil grãos

Para a análise do Peso de Mil Grãos (PMG), foram contabilizados 100 grãos da amostra colhida na área útil da parcela (10 m lineares nas 2 linhas centrais de cada parcela), após a pesagem extrapolou-se para 1000 grãos.

3.3.3.10 Número de vagens por planta e grão por vagem

Para quantificar o número de vagens por planta e de grãos por vagem R5, contabilizou-se o número de vagens com quatro grãos, três grãos, dois grãos e um grão. Posteriormente, multiplicou-se o número de vagens de acordo com o número de grãos que elas continham e dividiu-se pelo total de vagens/planta, obtendo a média de número de grãos por vagem.

3.3.3.11 Porte final

Para avaliação do porte final R5 foram coletadas três plantas sequenciais na área útil de cada parcela experimental (linha 2), desconsiderando um metro da bordadura. Com o auxílio de uma trena, mensurou-se o comprimento das plantas da raiz até o ápice da haste principal.

3.3.3.12 Biomassa verde e seca de parte aérea na fase R7

Além da análise da massa fresca da parte aérea foi realizada uma posterior na fase R7, avaliando a biomassa seca e verde das partes que foram coletadas. Foram coletados cinco pés de soja aleatoriamente em cada repetição e no grupo controle totalizando 125 pés de soja. Foram pesadas as plantas logo após a coleta destas. Em seguida, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocados para secar em estufa com circulação de ar a 70 °C, durante 24 horas. Após este período, as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em dessecador e em seguida pesadas, determinando-se a massa seca total das, sendo os resultados expressos em mg/planta.

3.3.3.13 Produtividade

Para avaliação da produtividade foram trilhadas em um processador específico. Após esse processamento, foi feita uma pré-limpeza das amostras, em seguida pesadas e medida a umidade. A produtividade média de grãos foi avaliada na maturidade final, foram colhidas 2 linhas centrais de cada parcela (5 m), totalizando 10 m lineares. após a colheita e beneficiamento através de debulha manual das vagens e pesagem em balança de precisão dos grãos colhidos. Em seguida, os valores obtidos da parcela foram extrapolados para kg/ha^{-1} .

Os dados foram submetidos à análise de variância e médias agrupadas por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade pelo software AGROESTAT (BARBOSA; MALDONADO, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultado do adubo organomineral

Pode-se observar a composição química do adubo organomineral na tabela 7 com maior percentual de matéria orgânica, em relação aos macronutrientes em sua composição, sendo que o maior percentual é de fósforo, devido ao acréscimo na produção do adubo, seguido do cálcio com 3,27%.

Tabela 7 – Análise físico-química do adubo organomineral finalizado

Determinação	Unidade	Jan/22
pH	%	7,00
Nitrogênio total	%	2,02
P ₂ O ₅ total	%	3,98
K ₂ O total	%	0,80
Cálcio (CaO)	%	3,27
Magnésio (MgO)	%	0,82
Enxofre	%	0,30
Boro	%	0,07
Cobre	%	0,00
Ferro	%	1,72
Manganês	%	0,02
Zinco	%	0,02
Umidade	%	23,64
Carbono Orgânico	%	29,00
Matéria Orgânica	%	49,00
CTC/C	%	18,00
CTC	mmol/kg	500,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Em sua pesquisa, Severino, Lima e Beltrão, (2006), compararam a composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas e alcançaram os seguintes resultados: N (2,95%), K (1,10%), Ca (4,71%), Mg (6,93%). Os mais altos teores de P foram encontrados na cama de frango (3,87%) comparado aos outros materiais. O P é um nutriente que desempenha um papel importante na formação das raízes das plantas, sendo essencial durante as etapas iniciais de crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004), portanto, a disponibilidade de P nos organominerais é muito importante.

Trabalho semelhante foi realizado por Miele e Milan (1983) quando determinaram a composição química da cama de 25 aviários da região de Garibaldi, Estado do Rio Grande do Sul, onde constataram médias de 3,02% de N; 1,32% de P; 2,19% de Ca e 7,7 de pH. Já Blum *et al.*, (2003), na análise de composição química da cama de aviário, encontraram valores para N de 2,82%; para P de 2,53% e para Ca 2,5%, quando estudaram a incorporação da cama de aviário como fertilizante no solo.

4.2 Ensaio de campo com uso do adubo organomineral

As figuras abaixo apresentam as parcelas de cada tratamento do experimento com a lavoura da soja. Parcela experimental com plantas de soja com 30 dias após o plantio na área experimental, submetidas ao tratamento controle, sem uso do fertilizante organomineral (figura 26):

Figura 26 – Parcelas do tratamento controle do experimento, Piumhi, MG



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Parcela experimental com plantas de soja com 30 dias após o plantio na área experimental, submetidas ao tratamento de 2,5 ton/ha com uso do adubo organomineral (figura 27):

Figura 27 – Parcelas do tratamento 2,5 ton/ha do experimento, Piumhi, MG



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Parcela experimental com plantas de soja com 30 dias após o plantio na área experimental, submetidas ao tratamento de 5 ton/ha com uso do adubo organomineral (figura 28):

Figura 28 – Parcelas do tratamento 5 ton/ha do experimento, Piumhi, MG



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Parcela experimental com plantas de soja com 30 dias após o plantio na área experimental, submetidas ao tratamento de 7,5 ton/ha com uso do adubo organomineral (figura 29):

Figura 29 – Parcelas do tratamento 7,5 ton/ha do experimento, Piumhi, MG



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Parcela experimental com plantas de soja com 30 dias após o plantio na área experimental, submetidas ao tratamento de 10 ton/ha com uso do adubo organomineral (figura 30):

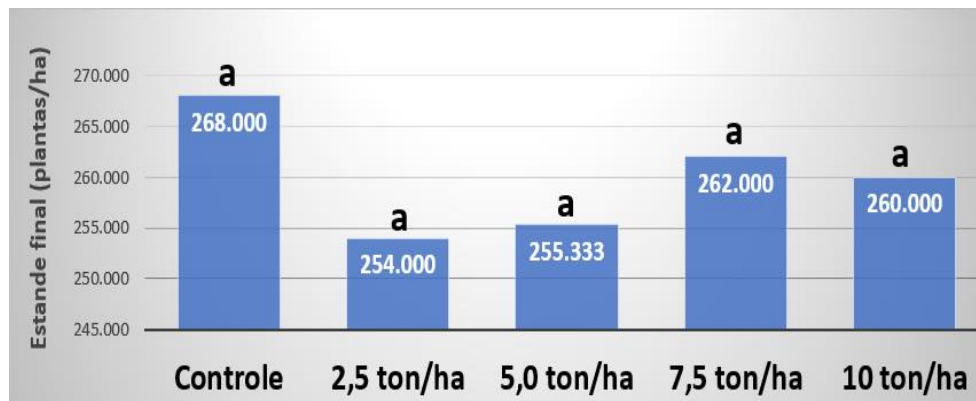
Figura 30 – Parcelas do tratamento 10 ton/ha do experimento, Piumhi, MG



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Transformando-se o valor do estande de planta para 20.000 m lineares, obteve-se o número de plantas/ha conforme detalhado no gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1 – Estande final no estágio V3 da planta de soja nos diferentes tratamentos com uso da adubação organomineral, Piumhi, MG



^a Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

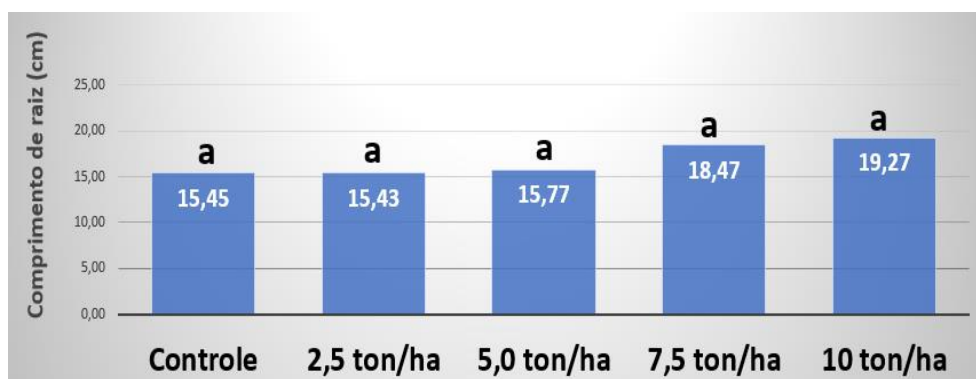
Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Como pode ser observado, o maior estande foi no controle, porém os tratamentos não diferiram estatisticamente pelo teste F tendo um coeficiente de variação baixo de 7,87%.

Conforme Cruz (2010) a densidade de semeadura, ou estande, definida como o número de plantas por unidade de área, tem papel importante na produtividade de uma lavoura, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final da cultura.

Após feitas as análises da raiz da planta de soja, observa-se que não houve diferença significativa dos tratamentos ($P > 0,05$) para comprimento de raiz e massa fresca no estágio V5 da planta de soja (gráficos 2 e 3).

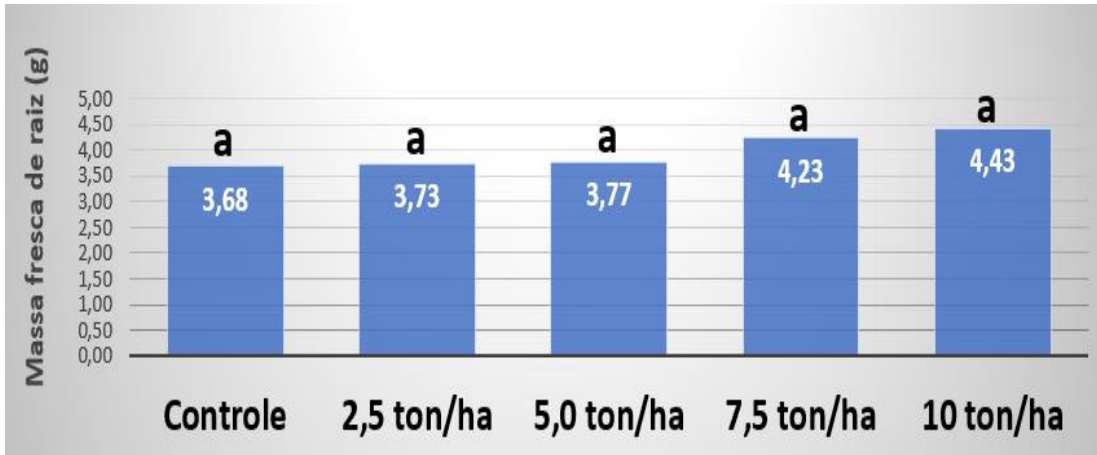
Gráfico 2 – Comprimento da raiz no estágio V5 da planta de soja, Piumhi, MG



As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova não significativo; Coeficiente de variação: 25,57%.

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Gráfico 3 – Massa fresca de raiz no estágio V5 da planta de soja, Piumhi, MG

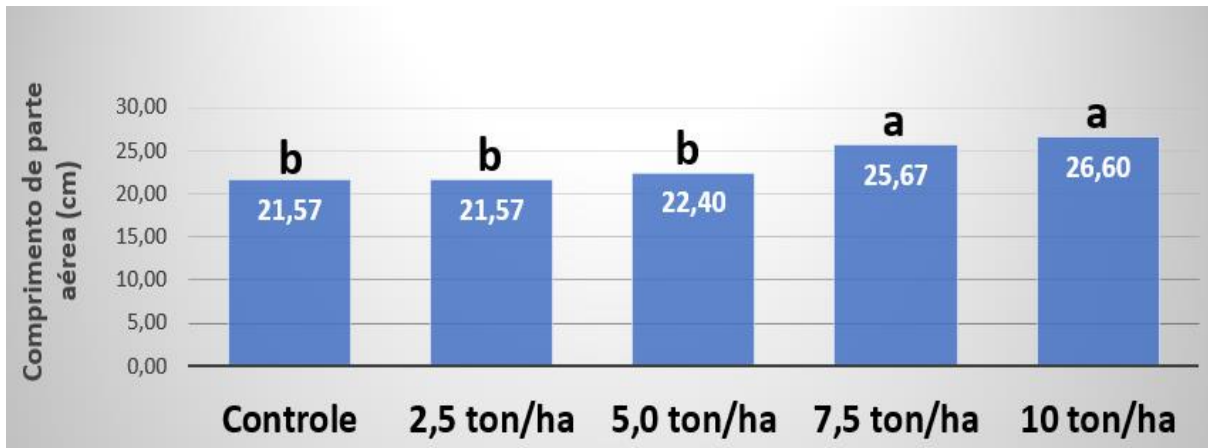


As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova não significativo; Coeficiente de variação: 29,65%.

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Pelas análises da parte aérea da planta de soja, observa-se diferença significativa entre os tratamentos (gráficos 4 e 5). O uso de 7,5 e 10 ton/ha⁻¹ de organomineral apresentaram maiores alturas e massa fresca de soja. Em trabalho conduzido por Gresser *et al.*, (2021) utilizando adubo organomineral observou-se um aumento crescente na altura da planta de soja, utilizando uma adubação com organomineral de 200 kg/ha⁻¹ com a altura de 72 cm e de para 80 cm com o uso de 800 kg/ha⁻¹, corroborando o que ocorreu no aumento da altura das plantas de soja. A altura de plantas também está relacionada ao maior número de nós e vagens e, conseqüente, maior produtividade, além da supressão de invasoras pelo fechamento rápido do dossel (ZAMBIAZZI *et al.*, 2017; ZANON *et al.*, 2018).

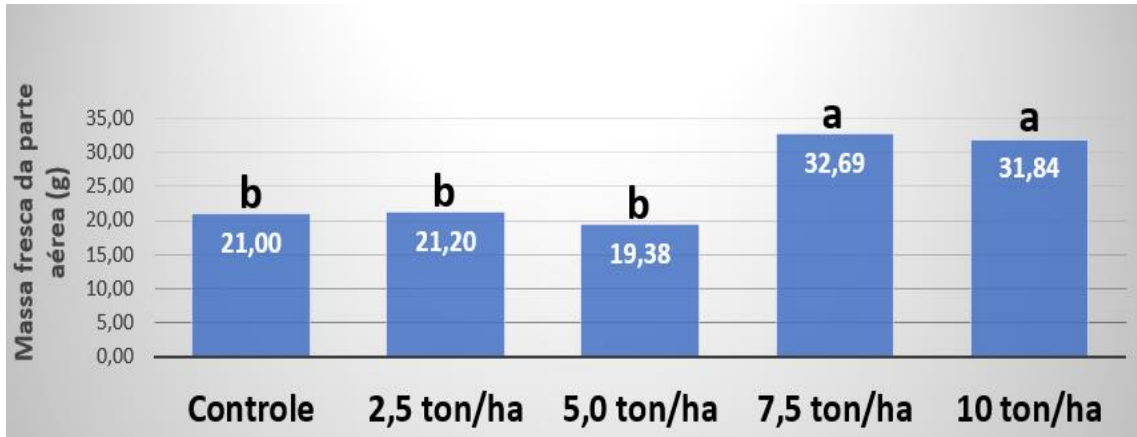
Gráfico 4 – Comprimento da parte aérea no estágio V5 da planta de soja, Piumhi, MG



As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova significativo; Coeficiente de variação: 11,43%.

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Gráfico 5 – Massa fresca de parte aérea da planta de soja, Piumhi, MG



As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova significativo; Coeficiente de variação: 32,37%.

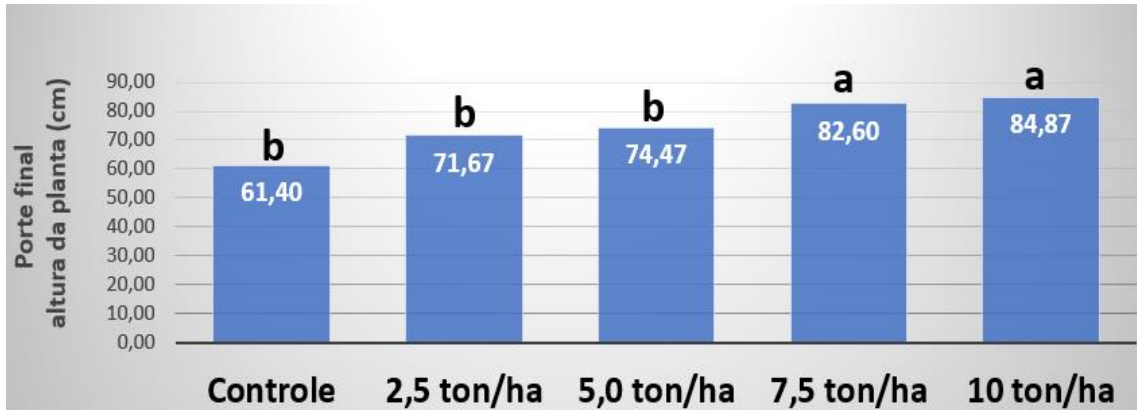
Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Em trabalho realizado por Carvalho, *et al.*, (2011) com cama de frango, observa-se que com a utilização de 3 Mg/ha⁻¹ desse resíduo, o efeito do fertilizante mineral sobre a altura das plantas foi linear, atingindo 84 cm quando associado a 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK, mostrando uma maior eficiência na utilização dos nutrientes, visto que o valor máximo não foi atingido neste caso (efeito linear), explica ainda que uma das causas desse efeito dos resíduos orgânicos na eficiência dos fertilizantes minerais é o aumento dos radicais orgânicos no solo, que se ligam aos nutrientes, evitando que esses sejam lixiviados.

Feitas as análises no caule da planta de soja, observa-se que houve diferença significativa tanto com relação ao parâmetro de altura quanto inserção do internódio (gráficos 6 e 7). Junior *et al.*, (2017) utilizando adubo organomineral verificou que os tratamentos que alcançaram melhores resultados foram com as maiores dosagens.

Percebe-se que na variável altura de planta foi possível constatar diferença estatística significativa entre os tratamentos utilizados, a curva polinomial negativa, nos mostra que onde foi utilizado o tratamento 1, dose zero, a altura de planta foi de 1,14 m e onde foi utilizado a maior dose do tratamento, ou seja, 1.200 kg/ha⁻¹ ficou com uma altura de 1,31 m sendo essa a maior altura entre todos os tratamentos testados.

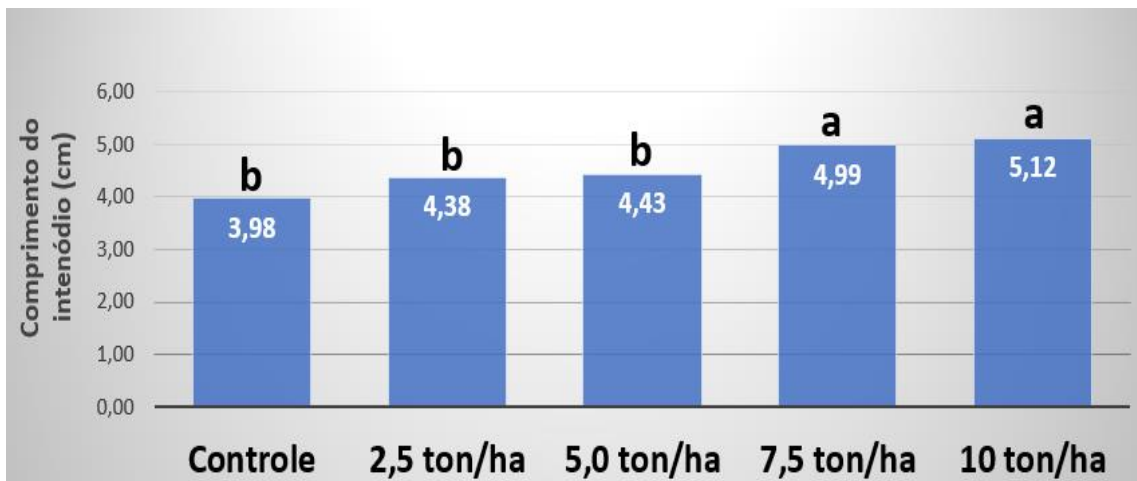
Gráfico 6 – Porte final no estágio R5 da planta de soja, Piumhi, MG



As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova significativo; Coeficiente de variação: 11,76%.

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Gráfico 7 – Comprimento do internódio no estágio R5 da planta de soja, Piumhi, MG

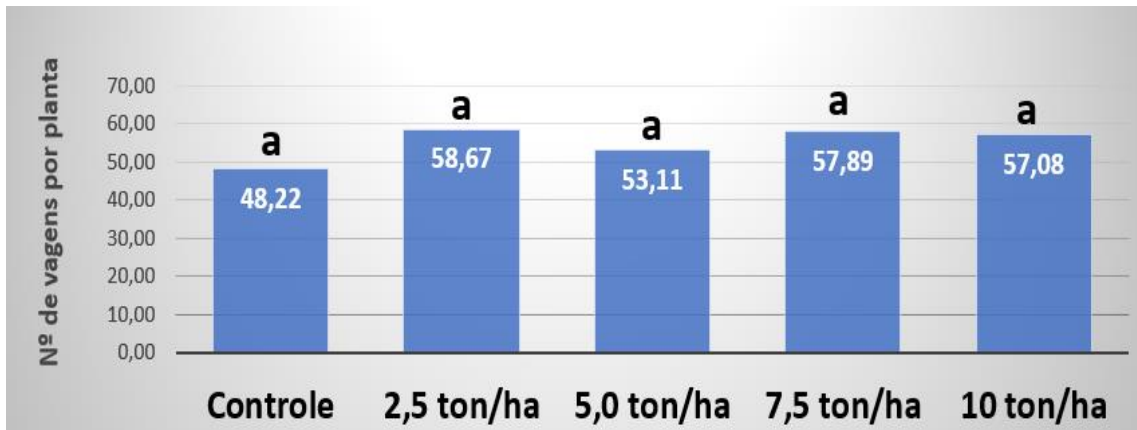


As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova significativo; Coeficiente de variação: 9,65%.

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Para quantificar o número de vagens por planta (Gráfico 8) e de grãos por vagem R5 (Gráfico 9), contabilizou-se o número de vagens com quatro grãos, três grãos, dois grãos e um grão. Posteriormente, multiplicou-se o número de vagens de acordo com o número de grãos que elas continham e dividiu-se pelo total de vagens/planta, obtendo a média de número de grãos por vagem, conforme gráfico 8 e 9 a seguir. Não ocorrendo diferença significativa no número de vagens e no número de grãos por vagem.

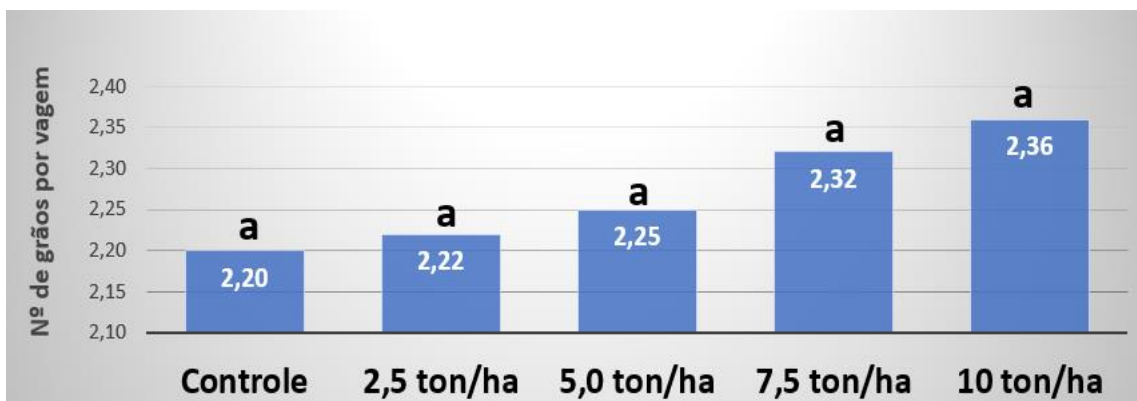
Gráfico 8 – Número de vagens por planta de soja, Piumhi, MG



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova significativo; Coeficiente de variação: 26,71%.

Gráfico 9 – Número de grãos por vagem, Piumhi, MG

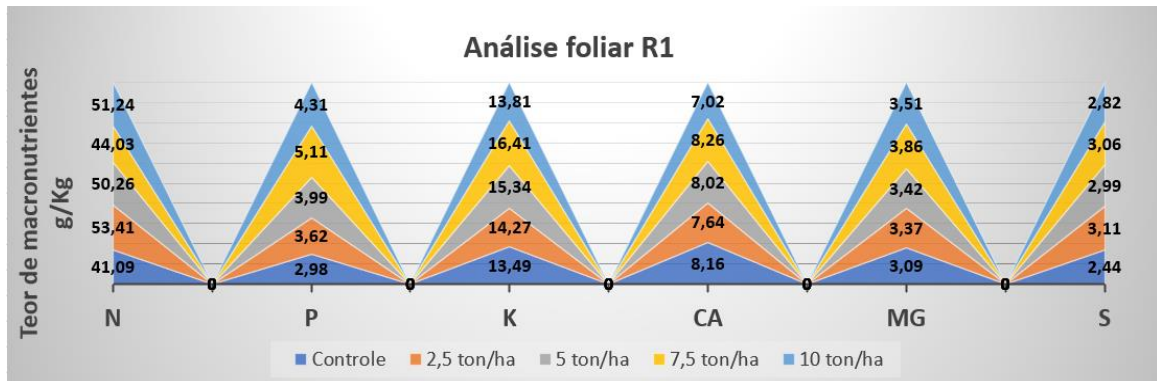


As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova não significativo; Coeficiente de variação: 4,71% grãos/vagem.

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

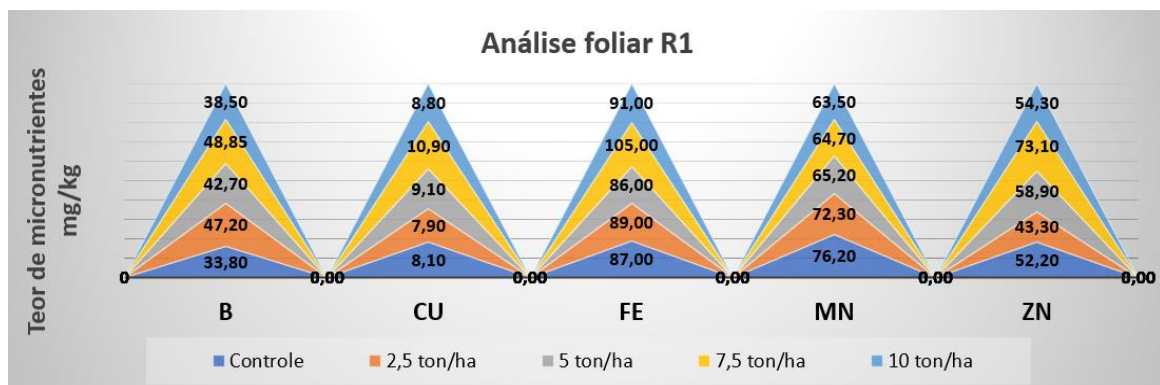
Na fase R1 da planta de soja foram feitas análises dos macronutrientes e micronutrientes. Observa-se (gráficos 10 e 11) que os maiores teores dos macronutrientes foram para os tratamentos que tiveram adubação organomineral, sendo que os maiores teores de N foi (53,41 g/kg⁻¹) e S 3,11 g/kg⁻¹) ocorreram para o tratamento com uso 2,5 ton/ha⁻¹ de organomineral, para todos os outros macronutrientes os maiores teores foram na dose de 7,5 ton/ha⁻¹ como P (5,11 g/kg⁻¹), K (16,41 g/kg⁻¹), Ca (8,26 g/kg⁻¹), Mg (3,86 g/kg⁻¹). Os teores de micronutrientes todos foram maiores na dose 7,5 ton/ha⁻¹, como B (48,85 g/kg⁻¹), Cu (10,90 g/kg⁻¹), Fe (105 g/kg⁻¹) e Zn (73,10 g/kg⁻¹), exceto Mn (76,20 g/kg⁻¹) que foi superior no controle.

Gráfico 10 – Análise foliar R1 da planta de soja (g/kg)



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Gráfico 11 – Análise foliar R1 da planta de soja (mg/kg)



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

A interpretação da análise foliar possibilita verificar a ocorrência de deficiências, toxidez ou desequilíbrio de nutrientes. Em suma, permite o acompanhamento e a avaliação de um programa de adubação e, caso necessário, auxilia no seu ajuste para a próxima safra de culturas anuais, complementando as informações fornecidas pela análise de solo (Kurihara, Maeda e Alvarez, 2005).

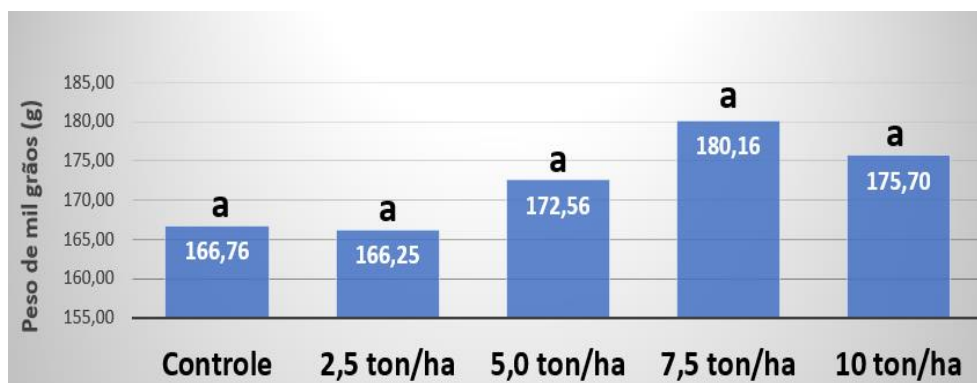
Segundo Cardoso *et al.*, (2018) os resultados obtidos com a cultura da soja, após aplicação superficial dos resíduos (lodos) e do calcário, pode-se constatar que os teores de N nas folhas, incluindo o pecíolo, estiveram dentro da faixa considerada adequada (40-54 g/kg⁻¹), o mesmo ocorreu neste experimento, mesmo no tratamento controle que não recebeu o adubo organomineral. A faixa adequada para teor foliar de P na cultura da soja é de 2,5-5,0 g/kg⁻¹ (RAIJ *et al.*, 2001), em todos os tratamentos observou valores superiores ao limite inferior. Para a cultura da soja, a faixa considerada adequada para teores foliares de K é de 17-25 g/kg⁻¹. Rajj *et al.*, (2001), podemos considerar que todos os tratamentos ficaram abaixo deste valor.

Os teores foliares adequados de Ca para a cultura da soja proposto por Raij *et al.*, (2001) estão na faixa de 4-20 g/kg⁻¹. Desse modo, nota-se que todos os tratamentos estão dentro da faixa adequada para todos os tratamentos, inclusive o controle.

Os nutrientes diagnosticados como de maior probabilidade de resposta positiva à adubação na soja, por Gott, *et al.*, (2014), foram o P, Fe e K. Em trabalho que observou a ordem de absorção dos nutrientes via foliar pela soja foi: N > K > Ca > Mg > P > S, com as quantidades totais: 250; 105; 50; 32; 22,5 e 14 kg/ha⁻¹, respectivamente. Corroborando parcialmente com a ordem de absorção encontrada neste trabalho que foi: N>K>Ca>P>Mg>S (OLIVEIRA JUNIOR; CASTRO; OLIVEIRA; FOLONI, 2014).

Ao analisar os dados obtidos através dos grãos, obteve-se o resultado do peso e da produtividade transcrito no gráfico 12 e 13:

Gráfico 12 – Peso de mil grãos da planta de soja, Piumhi, MG



As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova não significativo; Coeficiente de variação: 7,58%.

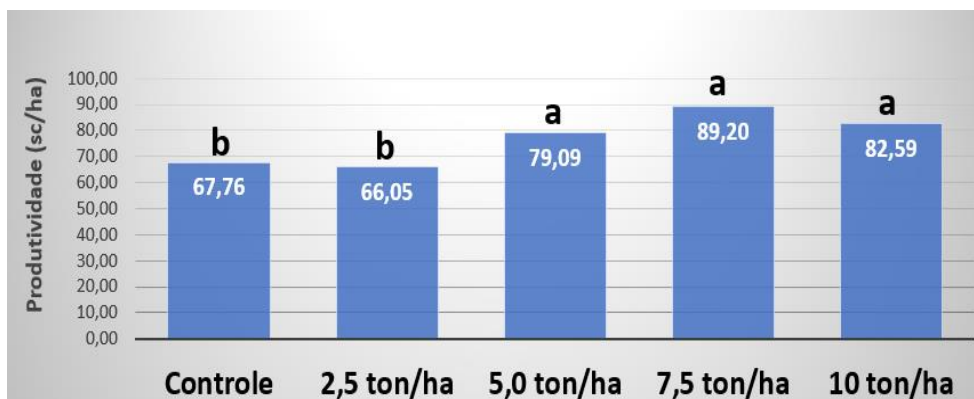
Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Pode-se observar que o menor valor obtido foi de 166,25 g/1000 grãos em 2,5 ton/ha⁻¹, e o maior valor alcançado foi no uso de 7,5 ton/ha⁻¹, 180,16 g/1000 grãos. Em um experimento realizado por Ulsenheimer *et al.*, (2016), conduzido em (DBC) e utilizando diferentes dosagens de adubo organomineral e químico, produzido a partir de compostagem dos dejetos de suínos e fontes minerais com a seguinte formulação para o adubo finalizado: nitrato de amônio (NA) com 27% de N; o superfosfato triplo (STF) com 46% de P₂O₅ e o cloreto de potássio (KCl) com 60% de K₂O em diferentes proporções a fim de se obterem quatro formulações de NPK: 03:12:09, 02:10:10, 05:15:15 e 02:13:15 e para o adubo organomineral : T1 (662 kg/ha⁻¹), T2 (695 kg/ha⁻¹), T3 (463 kg/ha⁻¹) e T4 (496 kg/ha⁻¹). Os autores não obtiveram diferenças estatísticas referente a produtividade e número de vagens por planta de soja e os valores alcançados para o peso de mil grãos foram de 160 g/100 grãos,

149,85 g/100 grãos, 147,14 g/100 grãos e 148,43 g/100 grãos para T1, T2, T3 e T4 respectivamente, sendo que também não houve diferenças estatísticas significativas para o peso de mil grãos para os tratamentos realizados com adubo organomineral, já Machado *et al.*, (2019) utilizando organomineral produzido através de cama de frango, obtiveram a maior média de peso de mil grãos (acima de 140 g) com adubação química de NPK (02-25-15) na dose de 400 kg/ha⁻¹ e organomineral na dose de 800 kg/ha⁻¹, nos demais tratamentos com organomineral nas dosagens de 0, 1.600, 3.200, 4.800 kg/ha⁻¹ não houve diferenças significativas entre as médias obtidas.

Ao observarmos os dados de produtividade, o tratamento utilizando 7,5 ton/ha⁻¹ atingiu a maior média de sacas por hectare, chegando a 89,20, já Costa *et al.*, (2018), alcançaram uma produtividade de 60,81 sc/ha e 174,5 g/1000 grãos, utilizando a dose 1.000 kg/ha⁻¹, dose máxima de organomineral testada no experimento.

Gráfico 13 – Produtividade de cada tratamento do experimento, Piumhi, MG



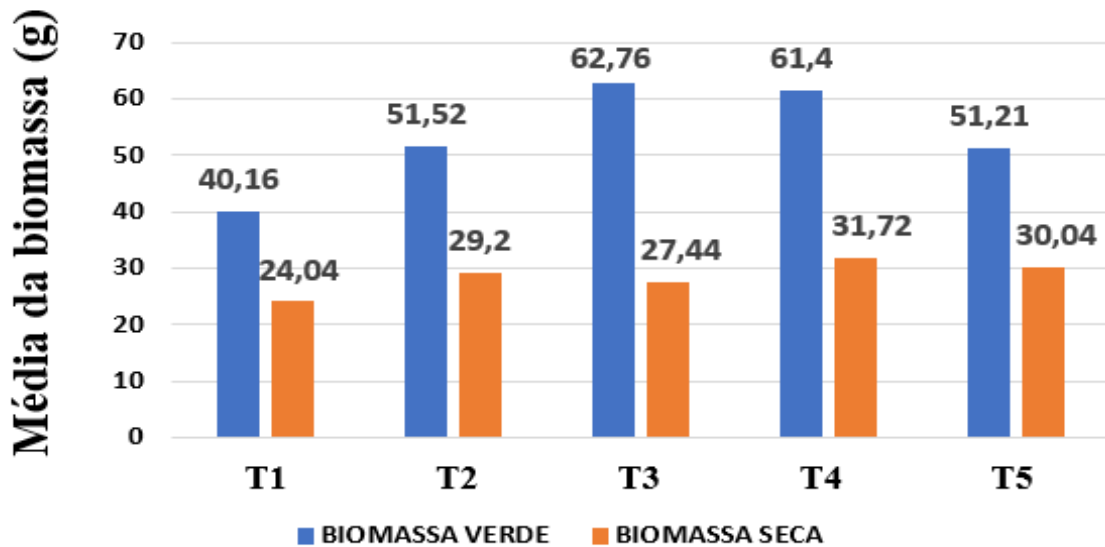
As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; teste F da anova significativo; Coeficiente de variação: 5,26%.

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Os incrementos de produtividade de soja nos últimos anos aumentaram a demanda por nitrogênio (N). A cada 1.000 kg de soja produzida são necessários, aproximadamente, 80 kg de N (Campo; Hungria, 2000). Produtividades acima de 4.000 kg/ha têm sido obtidas tanto em trabalhos de pesquisa na FUNDAÇÃO MS quanto ao nível de produtor em Maracaju/MS e municípios vizinhos, mesmo sem a utilização de N mineral. Isto é resultado da alta capacidade da soja em obter o N que necessita do processo de fixação biológica do N (FBN), (BROCH; RANNO, 2008).

Ao analisarmos as médias entre as biomassas verde e seca da planta de soja, projetou-se o gráfico 14, onde o tratamento 4 obteve o melhor volume de de massa seca.

Gráfico 14 – Média da Biomassa em gramas no estágio R7 da planta de soja



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para a análise de rentabilidade, foram somados os custos de cada procedimento feito na produção do adubo organomineral por tonelada produzida, como mão de obra, matéria prima e combustível, o que representou 50% do valor final do produto (anexo F). O custo para o plantio e cultivo da soja referente ao controle e para as demais parcelas do experimento como uso de adjuvante, óleo, herbicida, semente, inoculante, nematicida, fungicida, foram inclusos nas despesas das tabelas 8 e 9 e anexos G, H, I, J e L. O valor final do adubo organomineral utilizado para análise de rentabilidade inclui o custo da produção, mais 100% de lucro na venda e foram agrupados na tabela 8 a seguir:

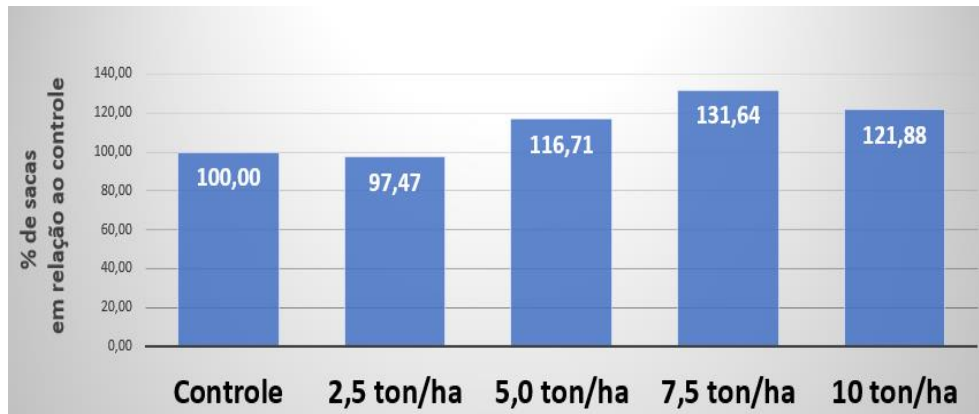
Tabela 8 – Análise da rentabilidade do adubo organomineral comprado

Tratamento	Despesas	Receitas	Rentabilidade da soja comprando o adubo organomineral
Controle	R\$ 6.535,12	R\$ 10.774,05	R\$ 4.238,93
2,5 ton/ha	R\$ 8.590,17	R\$ 10.501,74	R\$ 1.911,57
5 ton/ha	R\$ 10.730,19	R\$ 12.574,65	R\$ 1.844,46
7,5 ton/ha	R\$ 12.852,73	R\$ 14.182,58	R\$ 1.329,85
10 ton/ha	R\$ 14.767,47	R\$ 13.131,22	-R\$ 1.636,25

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

O gráfico 15 a seguir mostra em porcentagem a produtividade de sacas em relação ao tratamento controle, onde podemos observar que houve uma diferença significativa:

Gráfico 15 – Produtividade de sacas de soja em relação ao controle (%)



Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Ao analisarmos o custo referente a produção do adubo organomineral produzido pelo avicultor e a aplicação em sua própria lavoura de soja, a aplicação da quantidade avaliada de 7,5 ton/ha⁻¹ mostrou-se mais vantajosa como mostra a tabela 9 a seguir. Isso ocorreu porque, quando o avicultor utiliza a própria compostagem, já disponível em sua propriedade, e transforma esse material em adubo organomineral, seguindo todos os passos descritos neste trabalho, o valor do adubo cai pela metade. Neste caso, a rentabilidade da soja tem um acréscimo significativo e a aplicação de 7,5 ton/ha⁻¹ passa a apresentar um lucro maior do que o tratamento controle.

Tabela 9 – Análise da rentabilidade do adubo organomineral produzido pelo avicultor

Tratamento	Despesas	Receitas	Rentabilidade da soja utilizando adubo organomineral produzido pelo avicultor
Controle	R\$ 6.535,12	R\$ 10.774,05	R\$ 4.238,93
2,5 ton/ha	R\$ 7.665,17	R\$ 10.501,74	R\$ 2.836,57
5 ton/ha	R\$ 8.805,19	R\$ 12.574,65	R\$ 3.769,46
7,5 ton/ha	R\$ 9.927,73	R\$ 14.182,58	R\$ 4.254,85
10 ton/ha	R\$ 10.842,47	R\$ 13.131,22	R\$ 2.288,75

Fonte: Centro de Pesquisas AP Cereais, 2023.

Ao compararmos os resultados de seu experimento, Costa *et al.*, (2018) utilizando a dose máxima de organomineral testada de 1.000 kg/ha⁻¹, alcançaram uma produtividade de 60,81 sc/ha, chegou-se a um valor em reais de 9.668,79, enquanto que a dose de 7,5 ton/ha⁻¹ no presente trabalho, obteve-se 89,20 sc/ha e o valor em reais alcançado foi de 14.182,58,

enquanto Junior *et al.*, (2017), utilizando a dosagem de 600 kg/ha⁻¹, alcançaram a maior produtividade, 79,22 sc/ha, chegando a um valor de 12.595,98 reais, levando em conta o valor da saca de 159,00 reais. Já Souza *et al.*, (2020) utilizaram em seu experimento adubo organomineral proveniente de resíduo de torta de filtro, na dosagem de 543 kg/ha⁻¹ e chegaram em uma produtividade de 51,5 sc/ha, equivalente a 8.188,50 reais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de compostagem utilizando carcaças de aves é aplicável para a produção do adubo organomineral atingindo os seguintes níveis de macronutrientes: nitrogênio (2,02%), fósforo (3,98%), potássio (0,80%), cálcio (3,27%), magnésio (0,82%) e enxofre (0,30%). O uso do adubo organomineral na dosagem de 7,5 ton/ha⁻¹ foi que apresentou os melhores resultados para os seguintes parâmetros: comprimento da parte aérea no estágio V5, massa fresca da parte aérea, porte final, comprimento do internódio no estágio R5 e produtividade. Sugere-se investigar outros benefícios gerados para o solo e para o meio ambiente, pois o processo de compostagem, quando feito corretamente, é uma das opções mais adequadas e de menor custo para destinar os resíduos da atividade avícola. O adubo organomineral produzido com compostagem de carcaças de aves pode ajudar no condicionamento do solo e influenciar de maneira importante nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

A rentabilidade com a produção da soja comprando o adubo organomineral (custo de produção mais lucro), não é interessante economicamente em relação ao uso do adubo químico. Observou-se que o uso do adubo organomineral produzido pelo próprio avicultor para uso em sua lavoura de soja, alcançou melhor custo-benefício na dose de 7,5 ton/ha⁻¹, atingindo uma produção de 31,65% superior ao tratamento controle.

REFERÊNCIAS

ABREU, Valéria Maria Nascimento; DE ABREU, Paulo Giovanni. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, suplemento especial, p. 1-14, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42704/1/os-desafios-da-ambiencia-sobre-os-sistemas.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2024.

ALMEIDA, Gabriely Araújo de; LOPES, Lorena Beatriz Caldeira; PEREIRA, Maria Luiza dos Reis; ANDREAZZI, Márcia Aparecida; DOS SANTOS, José Maurício Gonçalves. Sustentabilidade ambiental na avicultura de corte: o desafio da gestão das aves mortas. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 16, n. 4, p. 1886-1896, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/572>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ALVARENGA, Ramon Costa; KONZEN, Egídio Arno. Fertilidade de solos: adubação orgânica. In: CRUZ, José Carlos (ed.). **Cultivo do milho**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27333/1/Fertilidade-de-solos-Adubacao.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

AMORIM, Ismael Alves; AQUINO, Alyssandra Lima de; MATOS, Thais Eslem Silva; MELLO, Andrea Hentz de; SILVA, Érica Micaelli de Jesus e; SILVA, Thiago Paixão da. Análise das propriedades químicas de um solo em relação aos diferentes usos e manejos em uma propriedade rural familiar no sudeste do Pará. **Cadernos de Agroecologia**, Universidade Federal Rural de Pernambuco, v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/17437>. Acesso em: 13 jan. 2023.

ANDRADE, Messias José Bastos de; CARVALHO, Everson Reis; MARTINS, Alexandre; OLIVEIRA, João Almir; PASSOS, Abdão dos; REZENDE, Pedro Milanez de. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 930-939, out.-dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/br8JNgVYGgMKTF5yf5hjd5Q/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20da%20cama%20de,pot%C3%A1ssio%20e%20enxofre%20no%20solo>. Acesso em: 19 nov. 2023.

ANGONESE, André R.; CAMPOS, Alessandro T.; ZACARKIM, Carlos E.; MATSUO, Melissa S.; CUNHA, Francielly. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 745-750, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/hDhP5xHgTcFcMwPYJZLCGTF/?lang=pt>. Acesso em 24 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual 2024**. São Paulo: ABPA, 2024. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. Pesquisa Setorial: Macro indicadores, Dados 2020, São Paulo, 2020. Disponível em: https://anda.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Principais_Indicadores_2020.pdf. Acesso em: 23 mai. 2023.

AZEVEDO, Mônica de Abreu; BARROS, Renata T. P. de; COSTA, Tatiana D. R.; MATOS, Antonio T. de; PAIVA, Ed Carlo R. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 5, p. 961-970, set./out. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/k8KSy3YWHwn6ymBV3srP6Tr/#>. Acesso em: 27 nov. 2023.

AZEVEDO, Mônica de Abreu; FIOREZE, Mariele; SERANTONI, Natalia. Método simplificado de compostagem para tratamento de cama de frango. **Revista AIDIS**, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México, v.13, n. 1, p. 20-32, 6 abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.1.63697>. Acesso em: 13 out. 2023.

BAÊTA, Fernando da Costa; SOUZA, Cecília de Fátima. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

BANG, Han-Tae; HWANGBO, Jong; KANG, Hwan-Ku; PARK, Byung-Sung; RYU, Seung-Tae. *Effects of anti-heat diet and inverse lighting on growth performance, immune organ, microorganism and short chain fatty acids of broiler chickens under heat stress*. **Journal of Environmental Biology**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 185-192, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27097436/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AGROESTAT: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Versão 1.1. 0.626. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2011.

BATISTA, Moema de Almeida; MARCOLINO, Alexandre; PAIVA, Denise Werneck de (ed.). **Solos para todos: perguntas e respostas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: <http://pronasolos.agenciazetta.ufla.br/images/Curiosidades/CNPS-DOC-169-2018.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.

BENTO, Epitácio Felizardo; GALVÃO JÚNIOR, José Geraldo Bezerra; SOUZA, Adriano Fernandes de. **Sistema alternativo de produção de aves**. Ipanguaçu: IFRN/RN, 2009.

BERTECHINI, Antônio Gilberto; FASSANI, Édison José; FIALHO, Elias Tadeu; FREITAS, Rilke Tadeu Fonseca de; PEREIRA, Carlos Ribeiro; RODRIGUES, Paulo Borges; SILVA, Yolanda Lopes da. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade: desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 840-848, 25 jul. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/kW8xSLzTWkh6zh75XbbzCFJ/?lang=pt>. Acesso em: 19 out. 2023.

BEVILAQUA, Cassiano Marcos. A história da avicultura brasileira. **O presente Rural**, Marechal Cândido Rondon, 12 set. 2023. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/a-historia-da-avicultura-brasileira/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

BLUM, Luiz Eduardo B.; AMARANTE, Cassandro V. T. do; GÜTTLER, Germano; MACEDO, Alexandre F. de; KOTHE, Daniel Marcelo; SIMMLER, Arno Otmar; PRADO, Giuliani do; GUIMARÃES, Letícia Simone. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 627-631, dez. 2003.

BORGES, Tayla Luiza Pereira; CARVALHO Beatriz Luz; CARDEAL, Jordânia Alexina Carmo; QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade. Avaliação do potencial de eutrofização do Rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil. **Revista de Química Industrial**, Rio de Janeiro, n. 774, p. 52-64, 2023. Disponível em: <https://www.abq.org.br/rqi/Edicao-774.html>. Acesso em: 2 fev. 2024.

BOTEGA, Jéssica Luiza. **Compostagem e caracterização físico-química de substrato de cama de aviário**: estudo de caso. 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Campus Medianeira, Medianeira, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5252/1/substratocamaaviario.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

BRASIL, **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 11 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Seção 1, p. 5. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 56, de 6 de dezembro de 2007**. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1152449158>. Acesso em: 3 fev. 2024.

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Plano nacional de fertilizantes 2050**: uma estratégia para os fertilizantes no Brasil. Brasília, DF: Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos, 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.

BROCH, Dirceu Luiz; RANNO, Sidnei Kuster. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. **Tecnologia de produção de soja e milho**, v. 2009, n. 2008, p. 5-36, 2008. Disponível em: http://diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B0D2B3145-6D6C-4783-8770-3C5B8897C5B5%7D_02_fertilidade_do_solo_cultura_da_soja.pdf. Acesso em: 27 jun. 2024.

BUDZIAK, Cristiane R.; MAIA, Claudia MBF; MANGRICH, Antonio S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria

madeira. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 399-403, jun. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/MxQtjrrCky9dbhRhgsHLDNd/#>. Acesso em: 9 jan. 2024.

BUENO, Leda Gobbo de Freitas; CARVALHO, Thayla Morandi Ridolfi de; MOURA, Daniella Jorge de; SOUZA, Gustavo Soares de; SOUZA, Zigomar Menezes de. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 351–361, 27 jun. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400003>. Acesso em: 19 nov. 2023.

BUENO, P. *et al.* Otimizando parâmetros de compostagem para conservação de nitrogênio em compostagem. **Revista Bioresource Technology**, [s. l.], v. 99, n. 11, p. 5069-5077, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852407008152>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CAMPO, Rubens José; FRANCHINI, Julio C; GRAHAM, Peter H.; HUNGRIA, Mariangela. *The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America*. In: NEWTON, William E.; WERNER, Dietrich. **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment**. Netherlands: Springer, 2005, p. 25-42.

CAMPO, Rubens José; HUNGRIA, Mariangela. **Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/446001/1/circTec26.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

CAMPOS, Alessandro T.; DOURADO, David C.; PAULA, Vanderson R. de; SILVA, Enilson B; VELOSO, Alessandro. V.; YANAGI JÚNIOR, Tadayuki. Eficiência energética de um sistema de produção de suínos em cama sobreposta. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, p. 1068-1079, 23 jan. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/GBrhzLV3WgbCYc33HqC5FbR/?lang=en#>. Acesso em: 19 nov. 2023.

CARVALHO, Everson Reis; REZENDE, P. M. D.; ANDRADE, M. J. B. D.; PASSOS, A. M. A. D.; OLIVEIRA, J. A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 930-939, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/br8JNgVYGgMKTF5yf5hjd5Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 jun. 2024.

CASTRO, Ana Maria Conte e; RUPPENTHAL, Viviane. Efeito do composto de lixo urbana nutrição e produção de gladiolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 145-150, fev. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/DcsnFCzwStbHs35FqyvTRcy/#>. Acesso em: 15 fev. 2023.

CASTRO, Sílvio Henrique de; LIMA, André Luís Ribeiro; REIS, Ricardo Pereira. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicaseiros no oeste da Bahia. **Revista Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1146-1153, dez. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/CCWnQv7xfBSLbxndJrSdzRK/#>. Acesso em: 20 mai. 2023.

COBB-VANTRESS. **Manual de manejo de frangos de corte**. 2008. Guapiaçu: Cobb, 2008. Disponível em: <http://www.wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

CONCEIÇÃO, Otávio Prates da; FURTINI NETO, Antonio Eduardo; HICKMANN, Clério; LACERDA, Julian Junio de Jesús; RESENDE, Álvaro Vilela de. Adução, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 9, p. 769-778, set. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/SdMHdhQFCVymqxRvXdwLXrM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 fev. 2023.

COSTA, Flávio de Kassius Domingos; MENEZES, June Faria Scherrer; ALMEIDA JÚNIOR, Joaquim Júlio; SIMON, Gustavo André; MIRANDA Beatriz Campos; LIMA Amity Mendes de; LIMA Murilo Silva de. Desempenho agrônômico da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, n. 2, 2018. Disponível em: <https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2902>. Acesso em: 3 jul. 2024.

COSTA, Tatiana Dias Ribeiro da; JUSTINO, Eliane Aparecida; Matos, Antônio Teixeira de; PAIVA, Ed Carlo Rosa; PAULA, Heber Martins de. A qualidade agrônômica do composto produzido a partir de carcaças de frango e diferentes materiais orgânicos. *In: I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, 2010, Bauru. **Anais [...]**, 2010, p. 84. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/congresso1.htm>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CRUZ, José Carlos (ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

DIAS, Antonio A.; FIORELLI, Juliano; FONSECA, Ricardo da; MORCELI, José A. B. Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste paulista. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 986-992, 12 nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000500020>. Acesso em: 19 nov. 2023.

DOMINGUEZ, Jorge; GÓMEZ-BRANDÓN, María; LAZCANO, Cristina. *The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure*. **Chemosphere**, [s. l.], v. 70, n. 3, p. 436-444, jan. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004565350700848X>. Acesso em: 27 nov. 2023.

DOS SANTOS, Susiane Moura Cardoso; ANTONANGELO, João Arthur; DEUS Angélica Cristina Fernandes; Bull Leonardo Theodoro. Diagnóstico foliar e produção de soja após aplicação de resíduos em um latossolo sob sistema plantio direto. **Revista De Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 10-19, 2018. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2725>. Acesso em: 27 jun. 2024.

EL BOUSHY, A. R. Y.; VAN DER POEL, A. F. B. *Poultry feed from waste: processing and use*. London: Chapman & Hall, 1994.

ENVIRONMENT PROTECION AGENCY (EPA). *Review of On-Farm Disposal Treatment Risks and the Potential for Recycling of Wastes produced from Commercial Chicken Farms and Processors*. Australia, 1999.

FARIA, Layanara Oliveira; JESUS, Thaís Fernandes de; MATOS, Eliene dos Reis; SOUZA, Ane Gabriele Vaz. Degradação dos solos de agricultura intensiva, diagnóstico e métodos de recuperação. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 11, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/9721>. Acesso em: 20 out. 2023.

FERREIRA, Rony Antônio. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. 2. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2011.

FOLLADOR, Franciele Caovilla; PASSIG, Fernando Hermes; RINALDI, Cleyton Ricardo; SCHOENHALS, Marlise. Diagnóstico inicial do consumo de insumos e geração de resíduos da avicultura de corte. **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3, p. 161-182, jul/set. 2012. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=739&layout=abstract>. Acesso em: 20 nov. 2023.

FONSECA, Wéverson Lima; FONSECA, Wéverson José Lima; LUZ, Carlos Syllas Monteiro; OLIVEIRA, Augusto Matias de; OLIVEIRA, Norberto Matias de; VOGADO, Gleissa Mayone Silva; VOGADO, Kalene Taty Silva; VOGADO, Willamy Fonseca. Evolução da Avicultura Brasileira. **Revista Nucleus Animalium**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 49-58, maio 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5760014>. Acesso em: 15 out. 2023.

FUKAYAMA, Ellen Hatsumi. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações**: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/d073f3d1-ab46-47d7-b92e-f05189806438/content>. Acesso em: 1 jul. 2024.

FURLAN, Renato; MACARI, Marcos; MAIORKA, Alex. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. *In*: MACARI, Marcos; MENDES, Ariel Antonio; MENTEN, José Fernando Machado; NÄÄS, Irenilza de Alencar. **Produção de frangos de corte**. 2. ed. Campinas: Facta FAPESP, 2014.

GARCÍA, C; HERNÁNDEZ, T.; MASCIANDARO, G.; MORENO, J. I. *Changes in organic matter composition during composting of two digested sewage sludges*. **Revista Elsevier**, Amsterdã, v. 26, n. 12, p. 1370-1376, 2006.

GEDOZ, Liliane. **Gerenciamento de resíduos sólidos gerados em uma propriedade de criação de aves para abate**. 2014. Monografia (Pós-graduação em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Campus Medianeira, Medianeira, 2014. Disponível em:

https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22763/2/MD_GAMUNI_2014_2_90.pdf. Acesso em: 19 set. 2023.

GOTT, Roney M.; Leonardo A. de Aquino; André M. X. de Carvalho; Luiz P. D. dos Santos *et al.*, Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1110-1115, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Pj5DGNtnGCSSMGH7frQr9cH/?lang=pt#>. Acesso em: 21 jun. 2024.

GRAVES, R.E.; HATTEMER, G.M.; STETTLER, D.; KRIDER, J.N.; CHAPMAN, D. Composting. *In: Part 637 Environmental Engineering - National Engineering Handbook*. Washington: United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service, 2000. Disponível em: https://irrigationtoolbox.com/NEH/Part637_EnvironmentalEngineering/H_210_637_02.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

GUESSER, Vagner Portes; MISSIO, Eloir; RUSSINI, Alexandre; PINHO, Paulo Jorge de. Adubação organomineral e mineral e resposta da soja em terras baixas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 2376-2390, jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-162>. Acesso em: 27 jul. 2024.

GÜNGÖR-DEMIRCI, Gamze; DEMIRER, Göksel N. Effect of initial COD concentration, nutrient addition, temperature and microbial acclimation on anaerobic treatability of broiler and cattle manure. **Revista Bioresource Technology**, [s. l.], v. 93, n. 2, p. 109-117, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852403003092>. Acesso em: 21 nov. 2023.

INACIO, Caio de Teves. **Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais**: monitoramento do processo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/881712>. Acesso em: 11 mai. 2024.

JORGE, Marcos do Amaral. Pesquisas com novas variedades de fertilizantes podem abrir caminho para diminuir dependência do Brasil de fornecedores internacionais. **Jornal da UNESP**, São Paulo, 9 mar. 2022. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2022/03/09/pesquisas-com-novas-variedades-de-fertilizantes-podem-abrir-caminho-para-diminuir-dependencia-do-brasil-de-fornecedores-internacionais/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

JÚNIOR, Joaquim Júlio Almeida; SMILJANIC, Katya Bonfim Ataiades; MATOS, Francisco Solano Araújo; JUSTINO, Pamela Ramiro Vilela; SILVA, Winston Thierry Resende; CREMONESE, Higor Silva. Utilização de adubação organomineral na cultura da soja. *In: Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar*, 2., 2017. **Anais**. Mineiros: Centro Universitário de Mineiros, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/aracr/Downloads/admin,+UTILIZA%C3%87%C3%83O+DE+ADUBA%C3%87%C3%83O+ORGANOMINERAL+NA+CULTURA+DA+SOJA-216-583-1-SM.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2024.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Ceres, 1985.

KONZEN, Egídio Arno. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. **Circular Técnica Embrapa**, Sete Lagoas, n. 31, p. 65, 2003. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16184/1/Circ_31.pdf. Acesso em: 10 out. 2024

KUNZ, Airton; PALHARES, Julio Cesar Pascale (ed.). **Manejo Ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57055/1/manejo-ambiental-na-avicultura.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.

KUNZ, Airton; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; DO AMARAL, André Cestonaro. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Embrapa Suínos e Aves, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1141618/1/final9894.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

KURIHARA, Carlos Hissao; MAEDA, Shizuo; ALVAREZ, V Víctor Hugo. **Interpretação de resultados de análise foliar**. 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/252841/1/DOC200574.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2024.

LAFAY, Jean Marc; NASCIMENTO, Luis Antonio Brum do. O uso de fontes renováveis na avicultura de corte: a sustentabilidade de um aviário *dark house*. In. III Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2010, Belém. **Anais [...]**. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1693/1684>. Acesso em: 21 set. 2023.

LAUANDOS, Ivan Pupo; PINAZZA, Luiz Antonio. A revolução das aves. **Revista de Agronegócios da FGV**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 8, p. 18-20, 1 ago. 2000. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/view/53427>. Acesso em: 29 out. 2023.

LORENZ, E. S.; PATTERSON, P. H. *Manure nutrient production from commercial white leghorn hens*. **Journal of Applied Poultry Research**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 260-268, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/japr/5.3.260>. Acesso em: 10 jan. 2024.

LORIMOR, Jeffery; XIN, Hongwei; YANG, Peilin. *Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities*. **Transactions of the ASAE**, [s. l.], v. 43, n. 6, p. 1771-1780, 2000. Disponível em: [https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=3080&t=1&redir=aid=3080&confalias=&redir=\[volume=43&issue=6&conf=t&orgconf=t2000\]&redirType=toc_journals.asp&redirType=toc_journals.asp](https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=3080&t=1&redir=aid=3080&confalias=&redir=[volume=43&issue=6&conf=t&orgconf=t2000]&redirType=toc_journals.asp&redirType=toc_journals.asp). Acesso em 12 jan. 2024.

LUCAS JÚNIOR, Jorge de; ORRICO, Ana C. A.; ORRICO JÚNIOR, Marco A. P. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.3, p. 538-545, jun. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/HBYQjtDrYhc3GNzMQfC4Cgm/?lang=pt#>. Acesso em: 30 nov. 2023.

MAAS, Kelly Dayana Benedet; SILVA, Tonny José da; VALADÃO, Franciele Caroline de Assis; VALADÃO JÚNIOR, Daniel Dias; WEBER, Oscarlina Lúcia dos Santos. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista**

Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2073–2082, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600022>. Acesso em: 19 nov. 2023.

MACHADO, Wendel Douglas; RIBON, Aparecida Adriana; RODRIGUES, Milca de Souza Machado; FERNANDES, Kathleen Lourenço; ALVES, Amanda Romeiro. *et al.* Fertilizante organomineral e mineral na produtividade da soja na região do cerrado. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 465–471, 2019. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/20303>. Acesso em: 1 jul. 2024

MALHEIROS, Roberto; SANTOS, Nathany Moraes; TAVEIRA, Rodrigo Zaiden. Disposição adequada de resíduos orgânicos gerados no setor de avicultura de produção de frango de corte por meio da compostagem. *In*: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2017, Campo Grande, MS. **Anais [...]**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS), 2017, p. 1-4. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/I-021.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2023.

MARTÍNEZ-ALIER, Joan. **Curso de economia ecológica**. México DF: Instituto Latino americano de Ecologia Social (Red de Fonnación Ambiental dei PNUMA), 1996.

MARTINS, Denize Carvalho. **Adubação fosfatada organomineral no cultivo de grãos em solos de fertilidade construída**. 2018. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20096/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024.

MELO, Willian Silva. **Adubação da cultura da soja com fertilizante orgânico produzido a partir de carcaças de frango**. 2020. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2020. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4995>. Acesso em: 10 out. 2023.

MENDES, Ariel Antonio; NAAS, Irenilda de Alencar; MACARI, Marcos. **Produção de frangos de corte**. Campinas: Facta, 2004.

MIELE, A.; MILAN, P.A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 7, p. 729-733, 1983

MORENG, Robert E.; EVANS, J. S. **Ciência e produção de aves**. Livraria Roca, 1990. Pag. 394

NICOLOSO, R. D. S., DE LIMA, G. J. M. M., KRABBE, E., MORES, N., DE OLIVEIRA, P. A. V., KUNZ, A.; COSTA, O. A. D.; CARON, L.; DE ÁVILA, V. S.; BARROS, E. C.; DE OLIVEIRA, M. M. **Tecnologias para destinação de animais mortos na granja**. Embrapa Suínos e Aves-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2017.

OLIVEIRA, Ana Cláudia Barneche de; ROSA, Ana Paula Schneid Afonso da (org.). **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120121/1/Indicacoes-Tecnicas-Embrapa-003.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2024.

OLIVEIRA, Jully Gabriela Retzlaf de; VICENTINI, Dienyfer Luana Gabriel. Análise da gestão dos resíduos de avicultura e impactos ambientais no município de Leópolis (PR). **Revista Geografia em Atos**, Departamento de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, n. 11, v. 04, p. 05-26, 16 jul. 2019. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/6091>. Acesso em: 28 dez. 2023.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F.A. de; FOLONI, J.S.S. Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. *In: XXXIV Reunião de Pesquisa de Soja*, 34., 2014, Londrina. **Resumos expandidos [da]**. Londrina: Embrapa, 2014. p. 133-136. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107466/1/Doc353-XXXIV-RPS-RESUMOS-2014-OL.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.

OSTRANDER, Charles E. *Energy use in agriculture poultry*. *In: PIMENTEL, David*. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, p. 379-92, 1980.

OVIDO-RONDÓN, Edgar O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. spe, p. 239-252, jul. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300028>. Acesso em: 19 nov. 2023.

PAIVA, Ed Carlo Rosa. **Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e leiras estáticas aeradas**. 2008. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008. Disponível em: <http://sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8309>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PAIVA, Ed Carlo Rosa; MATOS, Antonio T. de.; AZEVEDO, Monica A.; BARROS, Renata T. P. de.; COSTA, Tatiana D. R. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 5, p. 961–970, out. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/k8KSy3YWHwn6ymBV3srP6Tr/#>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PAULA JUNIOR, Sérgio Eduardo Meirelles de. **Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte: cama de frango**. 2014. Projeto de graduação (Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/18249/1/monopoli10010833.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2024.

PELÍCIA, Kléber; SILVA, Haroldo Wilson da. Manejo de dejetos sólidos de poedeiras pelo processo de biodigestão anaeróbica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v. 2, n. 1., p. 151-155, jul. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2669/1153>. Acesso em: 12 out. 2023.

PESSOA, Thaís Nascimento. Por que fertilizantes organominerais são uma alternativa interessante para sua lavoura. *In: Blog agro*. Porto Alegre, 22 maio 2023. Disponível em: <https://blog.agro.com.br/fertilizantes-organominerais/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

PRÁ, Marcos Antônio Dai; ROLL, Victor Fernando Buttow (org.). **Cama de aviário: utilização, reutilização e destino**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2019.

RABELO, Kassia Cristina de Caldas. **Fertilizantes organomineral e mineral: aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5214>. Acesso em: 3 fev. 2023.

RAIJ, Bernardo Van; CANTARELLA, Heitor; QUAGGIO, José Antônio; FURLANI, Ângela Maria Cangiani. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8035776/mod_resource/content/1/Boletim_tecnico_100.pdf. Acesso em: 25 jun. 2024.

RODRIGUES, V. W. B.; SOUZA, C. H. E.; HWANG, H. F. **Eficiência do fertilizante organomineral produzido a partir de resíduos agroindustriais na cultura da cana-de-açúcar**. IV Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, Rio de Janeiro, v.4 p.1-4, 2015. Disponível em: http://www.sbera.org.br/4sigera/files/2.10_ViniciusWilliamBorgesRodrigues.pdf. Acesso em: 12 jun. 2024.

ROSTAGNO, Horacio Santiago; SAKOMURA, Nilva Kazue. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Viçosa: Funep, 2016.

SANTOS, T. M. B. dos. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte**. 1997. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JUNIOR, J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. *In: Congresso Internacional de Zootecnia*, 5. [ZOOTEC], 2003, Uberaba. **Anais**. Uberaba: ABZ/FAZU/ABCZ, 2003. p. 131-141.

SCHWART, R.; *et al.* **Methane Generation. Final Report to The State Energy Conservation Office. Under CAFO Methane Digester Project Contract CM433. With the Texas Agricultural Experiment Station**, Texas, jun. 2005.

SEIFFERT, Nelson F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. *In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola*, 2000, Concórdia. **Anais [...]**. Embrapa Suínos e Aves, 2000, p. 1-20. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/437526/1/doc65.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

SEVERINO, Liv Soares; LIMA, Rosiane de Lourdes Silva de; BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. Campina Grande: Ministério da Agricultura, Pecuária

e Abastecimento, [Comunicado Técnico 278], 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/277254/1/COMTEC278.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2024.

SILVA, Enid Rocha Andrade da; PELIANO, Anna Maria; CHAVES, José Valente. **Agenda 2030: ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. 2018.**

Disponível em:

https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8855/1/Agenda_2030_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf. Acesso em: 13 jun. 2024.

SILVA, Fábio Cesar da (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.**

2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/256766/manual-de-analises-quimicas-de-solos-plantas-e-fertilizantes>. Acesso em: 25 mar. 2024.

SILVA, Mônica Beatriz Pereira Guimarães. **Produção de forrageira submetida a adubação organomineral.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) –

Universidade Federal do Norte do Tocantins, Campus de Araguaína, Araguaína, 2022.

Disponível em:

<https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/5148/1/M%C3%B4nica%20Beatriz%20Pereira%20Guimar%C3%A3es%20Silva%20-%20TCC.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SILVEIRA, Daniela da Cunha; VIEIRA, Flávia Monaco. Caracterização da geração de resíduos da produção de frangos de corte. **Naturae**, Aquidabã, v. 2, n. 1, p. 34-39, 2020.

Disponível em: <https://www.sapientiae.com.br/index.php/naturae/article/view/CBPC2674-6441.2020.001.0004>. Acesso em: 13 out. 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre: 2007. 400 p. Disponível em:

https://www.siabrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/08/manual_adubacao_calagem_rs_sc.pdf. Acesso em: 13 mai. 2022.

SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, B. C. M.; HENRIQUE, L. C. M.; HENRIQUE, H. M. Uso de fertilizante organomineral de liberação gradual de nutrientes na cultura da soja. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 4, p. 0513-0519, 2020. Disponível em:

<https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobecic2019/FTSP36.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024

TAIZ, Lincoln; ZEIGER Eduardo. **Plant physiology.** Redwood: The Benjamin Cummings, 2004.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, vol. 3, n.1, p. 1-26, jan. 2001. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2001000100001>. Acesso em: 19 nov. 2023.

ULSENHEIMER, Aline; SORDI, André; CERICATO, Alceu; LAJÚS Cristiano. Formulação de fertilizantes organominerais e ensaio de produtividade. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 7, n.

2, p. 195-202, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/11899>. Acesso em: 30 jun. 2024.

WILBERT, Cássio André; KRABBE, Everton Luis; NICOLOSO, Rodrigo da Silveira; RIBEIRO, João Batista; MORÉS, Nelson; CARON, Luizinho; LIMA, Gustavo Júlio Mello Monteiro de. **Relatório anual de atividades do projeto tecnologias para destinação de animais mortos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1062447/1/final8107.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

ZAMBLIAZZI, Everton Vinicius; BRUZI, Adriano Teodoro; ZUFFO Alan Mario; SOARES Igor Oliveira; MENDES, Alan Eduardo Seglin; TERESANI, Ana Luiza Ribeiro; GWINNER, Raoni; CARVALHO, João Paulo Santos; MOREIRA, Silvino Guimarães. Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 3, p. 543-553, 2017. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16492>. Acesso em: 27 jun. 2024.

ZANON, Alencar Júnior; SILVA, Michel Rocha da; TAGLIAPIETRA, Eduardo Lago; CERA, Jossana Ceolin; BEXAIRA, Kelin Pribs; RICHTER, Gean Leonardo; DUARTE JUNIOR, Ary José; ROCHA, Thiago Schmitz Marques da; WEBER, Patric Scolari; STRECK, Nereu Augusto. **Ecofisiologia da soja**: visando altas produtividades. Santa Maria: Palloti, 2018.

ANEXO A – LAUDO DE ANÁLISE DO ADUBO ORGANOMINERAL



Fone: (37) 3324-2211
 Av. Prefeito José Evaristo Santana, 141, Vargem - Carmo do Rio Claro-MG
 Fone: (35) 3561-2680
 site: www.agrolabminas.com.br

Laudo de Análise de Fertilizantes

Laudo Nº 55/2022	Entrada: 07/01/2022	Gerado: 13/01/2022
Solicitante:		Município: São Sebastião do Oeste - MG
Proprietário:		Telefone: (37)98401-7067
Propriedade:		Convênio: JMC FERTILIZANTES

IDENTIFICAÇÃO	Cod. Lab.	Descrição das amostras	Observações
	1/2022	Amostra 01	

Determinação	Unidade	1/2022						
pH		7.0						
Nitrogênio Total	%	2.02						
P2O5 Total	%	3.98						
K2O Total	%	0.8						
Cálcio (CaO)	%	3.27						
Magnésio (MgO)	%	0.82						
Enxofre	%	0.3						
Boro	%	0.07						
Cobre	%	0.0						
Ferro	%	1.72						
Manganês	%	0.02						
Zinco	%	0.02						
Umidade (%)	%	23.64						
Carbono Orgânico	%	29.0						
Materia Orgânica	%	49.0						
CTC	mmol/Kg	500.0						
CTC/C	%	18.0						

ANEXO B – AGRUPAMENTO DE DETERMINAÇÕES EM ANÁLISE DE SOLO EXPRESSOS POR VOLUME DE TERRA FINA, SECA AO AR

Nº Relatório de Ensaio (PEDIDO) 113923
 Aprovação : 25/07/2022 Saída : 05/08/2022
 Amostras de : 057346 até 057350



Proprietário: CPAP CEREAIS
 Propriedade: FAZENDA AGUA LIMPA
 Município : PIUMHI

Endereço Correspondência :

RUA GETULIO VARGAS

Complemento :

Cep : 37925-000

Cidade : PIUMHI

Bairro : CENTRO

nº 809



UF : MG

AGRUPAMENTO DE DETERMINAÇÕES EM ANÁLISES DE SOLO EXPRESSOS POR VOLUME DE TERRA FINA SECA AO AR

AMOSTRA	pH	H2O	pH	Ca	Cl2	MO	P resina	P melich	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S	Na	SB	CTC	CTC Efetivo	V%	m%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
057346 0-20 CM SOJA 0-20			4,9	36		6			2,2	36	11	34	<1,0	59		49,2	83		59	1	0,22	2,5	48	28,2	1,1
057347 20-40 CM SOJA 20-40			5,4		28	3			1,6	25	9	38	1,9	91		35,6	74	37,5	48	5	0,19				
057348 40-60 CM SOJA 40-60			5,5		27	2			1,5	22	8	33	1,5	50		31,5	65	33,0	48	5	0,16				
057349 60-80 CM SOJA 60-80			5,4		13	<2			0,4	6	3	31	<1,0	58		9,4	40	10,3	24	9	<0,12				
057350 80-100 CM SOJA 80-100			5,3		14	<2			0,4	8	2	29	1,4	89		10,4	39	11,8	27	12	<0,12				

ANEXO E – COMPOSIÇÃO DO FOSFATO REACTIVE®



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
SUPERINTENDÊNCIA FEDERAL DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SFA/MG
CERTIFICADO DE REGISTRO DE PRODUTO

Certifico que está devidamente Registrado neste Ministério sob o N°.: MG 000992-0.000001

O Produto: FERTILIZANTE MINERAL SIMPLES

Concedido: 04/07/2019

Apresentado pelo Estabelecimento: MORRO VERDE

CNPJ N°: 20.094.607/0002-76

Localizado a: M Pratápolis SN CAIXA POSTAL 37

Bairro:

Município: Pratápolis

UF: MG

Matérias Primas / Componentes

FOSFATO NATURAL REATIVO

DISCRIMINAÇÃO	GARANTIA	UNIDADE DE MEDIDA
Peneira 4,80 mm (ABNT nº 4)	100	%
Peneira 2,80 mm (ABNT nº 7)	80	%
P2O5 Total	12	%
P2O5 sol. Ác. Cítrico	3,6	%
Ca Total	10	%

Natureza Física: SOLIDO

Modo de Aplicação Principal: VIA SOLO

Outros Modos de Aplicação (quando houver):

Origem do Produto: Nacional

Observação / Condicionantes:

Atendidos que foram os dispositivos regulamentares em vigor.

Documento assinado eletronicamente por **PEDRO PAULO DOS SANTOS, AUDITOR FISCAL FEDERAL AGROPECUARIO**, em 04/07/2019, com fundamento no art. 6º, §, 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <http://www.agricultura.gov.br>, informando o código: HTP7-KIQ9-ZQSO-QGBZ

**ANEXO F – CUSTOS DO ADUBO ORGANOMINERAL POR TONELADA
PRODUZIDA EM SÃO SEBASTIÃO DO OESTE, MG**

Custo Operacional			Custo de matéria-prima ton			
Descrição	Custo mês	Custo ton	Descrição	Custo ton	Custo	Aplicação
Trator combustível	R\$ 1.500,00		Aditivo BioPack SC®	R\$ 40,00	R\$ 40,00	100,00%
Mão de obra trator	R\$ 3.759,10		Frete Aditivo BioPack SC®	R\$ -	R\$ -	100,00%
Trator manutenção	R\$ 2.500,00		Cama de frango/compostagem	R\$ 100,56	R\$ 105,85	95,00%
Mão de obra técnica	R\$ 2.480,05		Frete cama de frango/compostagem	R\$ 133,00	R\$ 140,00	95,00%
Outros	R\$ 5.000,00		Fosfato	R\$ 20,50	R\$ 410,00	5,00%
Energia elétrica	R\$ 5.000,00		Frete fosfato	R\$ 4,75	R\$ 95,00	5,00%
CUSTO TOTAL	R\$ 20.239,15	101,20	Custo da ton matéria prima	R\$ 298,81		
			Produção mês (ton)	200		
			Custo matéria prima	R\$ 59.761,50		
			Custo Operacional	R\$ 20.239,15		
			Custo Total	R\$ 80.000,65		
			Custo ton	R\$ 400,00		
			Preço sugerido margem 50%	R\$ 800,01	50%	
			Preço de venda ton	R\$ 800,00		
			Margem	50,00%		

**ANEXO G – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO
T1 – TESTEMUNHA EM PIUMHI, MG**

Programa de condução de soja 2022/2023				
Capina química				08/12/2022
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha	
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50	
Zapp Pro	R\$ 53,00	2,5	R\$ 132,50	
Fusilade	R\$ 100,00	0,35	R\$ 35,00	
Concentrat Mn	R\$ 70,00	0,15	R\$ 10,50	
Supa Moly Como	R\$ 260,00	0,1	R\$ 26,00	
Semente				
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha	
Desafio	R\$ 350,00	1,6	R\$ 560,00	
Welt (azospirilum)	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00	
Inoc. Turfoso	R\$ 4,00	4	R\$ 16,00	
Inoc. Liquido	R\$ 3,30	4	R\$ 13,20	
Aplicação vegetativo				1ª Aplicação 18/12/2022
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha	
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50	ml/ ha
Score Flexi	R\$ 300,00	0,15	R\$ 45,00	ml/ ha
Soysixx	R\$ 19,50	1	R\$ 19,50	ml/ ha
Ampligo	R\$ 350,00	0,15	R\$ 52,50	ml/ ha
Krista Map	R\$ 15,00	0,5	R\$ 7,50	g/ha
Aplicação no reprodutivo R1				2ª Aplicação 24/12/2022
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha	
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50	ml/ ha
Elatus	R\$ 500,00	0,2	R\$ 100,00	g/ha
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00	ml/ ha
Engeo Pleno S	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25	ml/ ha
Metomil	R\$ 38,00	1	R\$ 38,00	ml/ ha
Booster	R\$ 155,00	0,2	R\$ 31,00	ml/ ha
Freefos	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00	ml/ ha
Aplicação no R1+15 dias				3ª Aplicação 14/01/2023
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha	
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50	ml/ ha
Mitrion	R\$ 297,00	0,45	R\$ 133,65	ml/ ha
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00	ml/ ha
Engeo Pleno	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25	ml/ ha
Proclaim	R\$ 490,00	0,15	R\$ 73,50	g/ha
Match	R\$ 70,00	0,35	R\$ 24,50	ml/ ha
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,3	R\$ 21,00	ml/ ha
Frutmax	R\$ 45,00	0,6	R\$ 27,00	g/ha
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00	ml/ ha
R1 + 30				4ª Aplicação 01/02/2023
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50	ml/ ha
Cypress	R\$ 50,00	0,3	R\$ 15,00	ml/ ha
Alto 100	R\$ 110,00	0,15	R\$ 16,50	ml/ ha
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00	ml/ ha
Proclaim	R\$ 490,00	0,2	R\$ 98,00	g/ha
Kayso	R\$ 226,00	0,2	R\$ 45,20	ml/ ha
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,5	R\$ 35,00	ml/ ha
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00	ml/ ha
Fertilizantes				
	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha	
08.24.12	R\$ 4.115,000	0,4	R\$ 1.646,00	
00.00.60	R\$ 5.640,000	0,1	R\$ 564,00	
Composto	R\$ -			
		Sub total	R\$ 4.075,05	
			675	
			685,07	
			R\$ 5.435,12	
		TOTAL	R\$ 6.535,12	

**ANEXO H – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO
T2 – 2,5 ton/ha⁻¹ EM PIUMHI, MG**

Programa de condução de soja 2022/2023			
Capina química			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Zapp Pro	R\$ 53,00	2,5	R\$ 132,50
Fusilade	R\$ 100,00	0,35	R\$ 35,00
Concentrat Mn	R\$ 70,00	0,15	R\$ 10,50
Supa Moly Como	R\$ 260,00	0,1	R\$ 26,00
Semente			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Desafio	R\$ 350,00	1,6	R\$ 560,00
Welt (azospirillum)	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Inoc. Turfoso	R\$ 4,00	4	R\$ 16,00
Inoc. Líquido	R\$ 3,30	4	R\$ 13,20
Aplicação vegetativo			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Score Flexi	R\$ 300,00	0,15	R\$ 45,00
Soysixx	R\$ 19,50	1	R\$ 19,50
Ampligo	R\$ 350,00	0,15	R\$ 52,50
Krista Map	R\$ 15,00	0,5	R\$ 7,50
Aplicação no reprodutivo R1			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Elatius	R\$ 500,00	0,2	R\$ 100,00
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno S	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Metomil	R\$ 38,00	1	R\$ 38,00
Booster	R\$ 155,00	0,2	R\$ 31,00
Freefos	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Aplicação no R1+15 dias			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Mitrión	R\$ 297,00	0,45	R\$ 133,65
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Proclaim	R\$ 490,00	0,15	R\$ 73,50
Match	R\$ 70,00	0,35	R\$ 24,50
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,3	R\$ 21,00
Frutmax	R\$ 45,00	0,6	R\$ 27,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
R1 + 30			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Cypress	R\$ 50,00	0,3	R\$ 15,00
Alto 100	R\$ 110,00	0,15	R\$ 16,50
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Proclaim	R\$ 490,00	0,2	R\$ 98,00
Kayso	R\$ 226,00	0,2	R\$ 45,20
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,5	R\$ 35,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
Fertilizantes			
	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
08.24.12	R\$ 4.115,000	0,4	R\$ 1.646,00
00.00.60	R\$ 5.640,000	0,1	R\$ 564,00
Composto	R\$ 0,800	2500	R\$ 2.000,00
	Sub total		R\$ 6.075,05
			750
			665,12
			R\$ 7.490,17
	TOTAL		R\$ 8.590,17

**ANEXO I – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO
T3 – 5 ton/ha⁻¹ EM PIUMHI, MG**

Programa de Condução de soja 2022/2023			
Capina química			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Zapp Pro	R\$ 53,00	2,5	R\$ 132,50
Fusilade	R\$ 100,00	0,35	R\$ 35,00
Concentrat Mn	R\$ 70,00	0,15	R\$ 10,50
Supa Moly Como	R\$ 260,00	0,1	R\$ 26,00
Semente			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Desafio	R\$ 350,00	1,6	R\$ 560,00
Welt (azospirillum)	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Inoc. Turfoso	R\$ 4,00	4	R\$ 16,00
Inoc. Liquido	R\$ 3,30	4	R\$ 13,20
Aplicação Vegetativo			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Score Flexi	R\$ 300,00	0,15	R\$ 45,00
Soysixx	R\$ 19,50	1	R\$ 19,50
Ampligo	R\$ 350,00	0,15	R\$ 52,50
Krista Map	R\$ 15,00	0,5	R\$ 7,50
Aplicação no Reprodutivo R1			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Elatus	R\$ 500,00	0,2	R\$ 100,00
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno S	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Metomil	R\$ 38,00	1	R\$ 38,00
Booster	R\$ 155,00	0,2	R\$ 31,00
Freefos	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Aplicação no R1+15 dias			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Mitrión	R\$ 297,00	0,45	R\$ 133,65
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Proclaim	R\$ 490,00	0,15	R\$ 73,50
Match	R\$ 70,00	0,35	R\$ 24,50
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,3	R\$ 21,00
Frutmax	R\$ 45,00	0,6	R\$ 27,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
R1 + 30			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Cypress	R\$ 50,00	0,3	R\$ 15,00
Alto 100	R\$ 110,00	0,15	R\$ 16,50
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Proclaim	R\$ 490,00	0,2	R\$ 98,00
Kayso	R\$ 226,00	0,2	R\$ 45,20
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,5	R\$ 35,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
Fertilizantes			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
08.24.12	R\$ 4.115,000	0,4	R\$ 1.646,00
00.00.60	R\$ 5.640,000	0,1	R\$ 564,00
Composto	R\$ 0,800	5000	R\$ 4.000,00
		Total	R\$ 8.075,05
			750
			805,14
			R\$ 9.630,19
		TOTAL	R\$ 10.730,19

**ANEXO J – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO
T4 – 7,5 ton/ha⁻¹ EM PIUMHI, MG**

Programa de Condução de soja 2022/2023			
Capina química			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Zapp Pro	R\$ 53,00	2,5	R\$ 132,50
Fusilade	R\$ 100,00	0,35	R\$ 35,00
Concentrat Mn	R\$ 70,00	0,15	R\$ 10,50
Supa Moly Como	R\$ 260,00	0,1	R\$ 26,00
Semente			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Desafio	R\$ 350,00	1,6	R\$ 560,00
Welt (azospirillum)	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Inoc. Turfoso	R\$ 4,00	4	R\$ 16,00
Inoc.Liquido	R\$ 3,30	4	R\$ 13,20
Aplicação vegetativo			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Score Flexi	R\$ 300,00	0,15	R\$ 45,00
Soysixx	R\$ 19,50	1	R\$ 19,50
Ampligo	R\$ 350,00	0,15	R\$ 52,50
Krista Map	R\$ 15,00	0,5	R\$ 7,50
Aplicação no reprodutivo R1			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Elatus	R\$ 500,00	0,2	R\$ 100,00
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno S	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Metomil	R\$ 38,00	1	R\$ 38,00
Booster	R\$ 155,00	0,2	R\$ 31,00
Freefos	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Aplicação no R1+15 dias			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Mitrion	R\$ 297,00	0,45	R\$ 133,65
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Proclaim	R\$ 490,00	0,15	R\$ 73,50
Match	R\$ 70,00	0,35	R\$ 24,50
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,3	R\$ 21,00
Frutmax	R\$ 45,00	0,6	R\$ 27,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
R1 + 30			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Cypress	R\$ 50,00	0,3	R\$ 15,00
Alto 100	R\$ 110,00	0,15	R\$ 16,50
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Proclaim	R\$ 490,00	0,2	R\$ 98,00
Kayso	R\$ 226,00	0,2	R\$ 45,20
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,5	R\$ 35,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
Fertilizantes			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
08.24.12	R\$ 4.115,000	0,4	R\$ 1.646,00
00.00.60	R\$ 5.640,000	0,1	R\$ 564,00
Composto	R\$ 0,800	7500	R\$ 6.000,00
		Total	R\$ 10.075,05
			750
			927,68
			R\$ 11.752,73
		TOTAL	R\$ 12.852,73

ANEXO L – CUSTO PARA O PLANTIO E CULTIVO DA SOJA REFERENTE AO

T5 – 10 ton/ha⁻¹ EM PIUMHI, MG

Programa de condução de soja 2022/2023			
Capina química			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Zapp Pro	R\$ 53,00	2,5	R\$ 132,50
Fusilade	R\$ 100,00	0,35	R\$ 35,00
Concentrat Mn	R\$ 70,00	0,15	R\$ 10,50
Supa Moly Como	R\$ 260,00	0,1	R\$ 26,00
Semente			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Desafio	R\$ 350,00	1,6	R\$ 560,00
Welt (azospirillum)	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Inoc. Turfoso	R\$ 4,00	4	R\$ 16,00
Inoc.Liquido	R\$ 3,30	4	R\$ 13,20
Aplicação vegetativo			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Score Flexi	R\$ 300,00	0,15	R\$ 45,00
Soysixx	R\$ 19,50	1	R\$ 19,50
Ampligo	R\$ 350,00	0,15	R\$ 52,50
Krista Map	R\$ 15,00	0,5	R\$ 7,50
Aplicação no reprodutivo R1			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air Force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Elatus	R\$ 500,00	0,2	R\$ 100,00
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno S	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Metomil	R\$ 38,00	1	R\$ 38,00
Booster	R\$ 155,00	0,2	R\$ 31,00
Freefos	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Aplicação no R1+15 dias			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Mitrion	R\$ 297,00	0,45	R\$ 133,65
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Engeo Pleno	R\$ 225,00	0,25	R\$ 56,25
Proclaim	R\$ 490,00	0,15	R\$ 73,50
Match	R\$ 70,00	0,35	R\$ 24,50
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,3	R\$ 21,00
Frutmax	R\$ 45,00	0,6	R\$ 27,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
R1 + 30			
Produto	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
Air force	R\$ 150,00	0,03	R\$ 4,50
Cypress	R\$ 50,00	0,3	R\$ 15,00
Alto 100	R\$ 110,00	0,15	R\$ 16,50
Bravonil	R\$ 33,00	1	R\$ 33,00
Proclaim	R\$ 490,00	0,2	R\$ 98,00
Kayso	R\$ 226,00	0,2	R\$ 45,20
Concentrat Mag	R\$ 70,00	0,5	R\$ 35,00
Ochima	R\$ 60,00	0,1	R\$ 6,00
Fertilizantes			
	Custo kg/l	Dose/ha	Custo/ha
08.24.12	R\$ 4.115,000	0,4	R\$ 1.646,00
00.00.60	R\$ 5.640,000	0,1	R\$ 564,00
Composto	R\$ 0,800	10000	R\$ 8.000,00
		Total	R\$ 12.075,05
			750
			842,42
			R\$ 13.667,47
		TOTAL	R\$ 14.767,47

MANUAL DA PRODUÇÃO DE ADUBO ORGANOMINERAL UTILIZANDO RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA.



MANUAL ELABORADO POR:

Fernando Guisini Junior
Neimar Freitas Duarte



FICHA TÉCNICA

FICHA TÉCNICA PARA A PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA

2024. 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.

GESTORES DO IFMG:

IFMG/BAMBUÍ - Fazenda Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05
Caixa Postal 05 - Bambuí - MG - 38900-000 - www.bambui.ifmg.edu.br

REITOR DO IFMG - Prof. Dr. Rafael Bastos Teixeira

PRÓ-REITORA DE INOVAÇÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - Prof. Dra. Gislayne Elisana Gonçalves

DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFMG - Prof. Dr. Venilson Luciano Benigno Fonseca

DIRETOR GERAL DO IFMG/BAMBUÍ - Prof. Dr. Humberto Garcia de Carvalho

DIRETOR DE INOVAÇÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO IFMG/BAMBUÍ - Prof. Dr. Gustavo Augusto Soares

COORDENADORA DO MPSTA/IFMG BAMBUÍ - Prof. Dra. Ana Cardoso Clemente Ferreira Filha de Paula

AUTORES

Fernando Guisini Junior
Neimar Freitas Duarte

DIAGRAMAÇÃO E ILUSTRAÇÕES

Gabriel Bender

RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA E A ECONOMIA CIRCULAR

Produção de frango de corte

A produção de proteína animal tem aumentado nos últimos anos, juntamente com o aumento da população mundial. O frango de corte é uma das proteínas com o valor por kg mais acessível para a população. Com esse aumento da produção do frango de corte, aumentam-se também todos os subprodutos e resíduos gerados pela avicultura industrial, como a cama de frango e a compostagem das aves mortas ao longo de sua criação.

A compostagem é o processo biológico aeróbico que promove a estabilização dos resíduos orgânicos, o que acontece através da ação de enzimas e microorganismos, responsáveis por fragmentar e oxidar os detritos gradativamente. O composto gerado ao final do processo é estável, podendo já ser utilizado como um fertilizante orgânico (BUDZIAK *et al.*, 2004).

Considerada um método econômico e natural, a compostagem promove a reciclagem da matéria orgânica por meio da decomposição e estabilização dos substratos descartados. Para que seja feita de maneira correta, precisa ter condições para desenvolver altas temperaturas, resultantes do calor biológico produzido durante o processo. Desde que sejam seguidas todas as etapas corretamente, ao final, obtém-se um composto de matéria orgânica sem a presença de patógenos, estável e que pode ter uma destinação aplicável como fertilizante (BUENO *et al.*, 2008).

É preciso dar destino correto a esses subprodutos e resíduos e estudar formas mais sustentáveis como a reutilização e inserção novamente na cadeia de produção do frango de corte, diminuindo o impacto ambiental. A compostagem das aves mortas, ao final de seu processo, torna-se um adubo muito rico em matéria orgânica e pode ser utilizado para adubação do solo. Além disso, o adubo orgânico pode ser uma boa opção para substituição de adubos químicos, com as vantagens de enriquecimento do solo com matéria orgânica, apresentando um custo mais baixo de produção e mais sustentável ao meio ambiente em relação ao adubo químico.



Fonte: arquivo pessoal

Resíduos e volumes gerados da produção

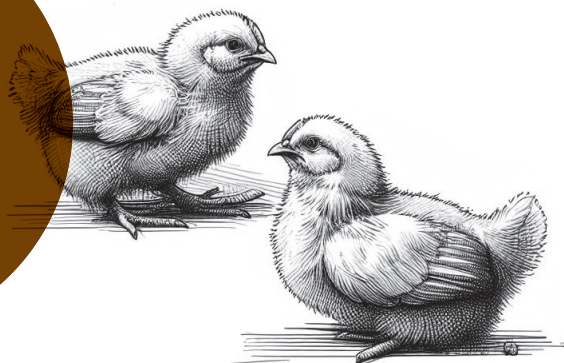
Estima-se que a cada frango criado gere 1,5 kg de cama de frango ao final de 45 dias de idade. Se levarmos em conta uma mortalidade média de 5% em um aviário padrão de 2.400 m², onde se alojam 32.000 frangos, teremos uma média de 1.600 frangos mortos em diferentes pesos e idades.

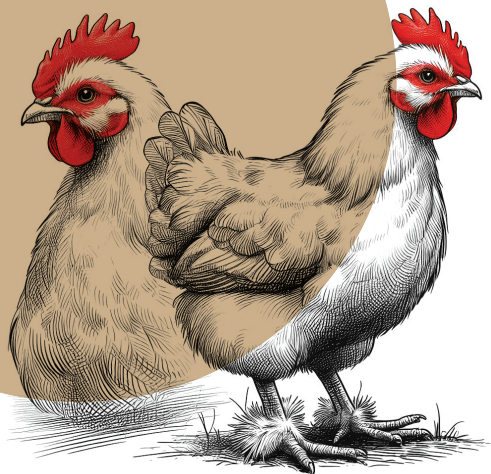


Fonte: arquivo pessoal

Destinação dos resíduos

A opção mais viável economicamente para se destinar os frangos que morreram durante a criação é a compostagem





Construção de baias para compostagem das aves

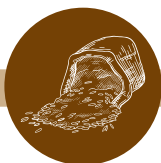
Para um produtor com 1 aviário com capacidade de alojamento de 32.000 frangos, precisam ser construídas 2 baias de 2,5 m largura x 2,5 m de comprimento x 1,8 m de altura, totalizando 11,25 m³, construídas em alvenaria, teladas com uma malha de até 2,64 cm de diâmetro, ou pode ser utilizado um sombrite, além de cobertura com telha, para evitar água da chuva.



Fonte: arquivo pessoal

Materiais a serem utilizados para o processo

Material seco



Casca de arroz moída



Maravalha



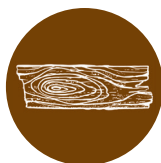
Casca de amendoim



Cama de frango



Aves mortas



Tábuas de madeira

Um ponto com água.

PASSO A PASSO DE COMO FAZER O PROCESSO

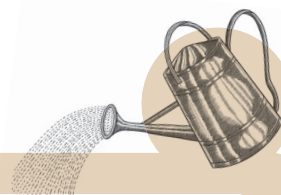
1.

Adicionar uma camada de 15 cm de material seco em toda a área da baia;



2.

Adicionar uma camada de 20 cm de cama de frango em toda a área da baia;



3.

Adicionar uma camada de frangos mortos com o peito para baixo, um separado do outro, sem encostar nas paredes e nas tábuas; Umidificar os frangos com regador ou mangueira;





4.

Cobrir os frangos com uma camada de cama de frango em toda a extensão da baia;

5.

Adicionar uma camada de 15 cm de material seco em toda a área da baia;



Fonte: arquivo pessoal



Tempo médio de compostagem das aves mortas
De 4 a 6 meses
após a baia ser cheia por completo.

PRODUÇÃO DO ADUBO

Tamanho do pátio

Para um melhor aproveitamento da área, orienta-se um pátio de 20 m de comprimento x 10 m de largura

Materiais e equipamentos a serem utilizados

- 1 trator 75 cv traçado com concha frontal
- 1 compostador
- 1 churumeira
- 1 peneira automática de 4mm
- 1 aferidor de temperatura
- 1 medidor de umidade



Fonte: arquivo pessoal



Fonte: arquivo pessoal



Fonte: arquivo pessoal

FORMAÇÃO DA LEIRA

Cada leira deve ter 3 m de largura x 10 m de comprimento x 1,5 m de altura.



Fonte: arquivo pessoal

Adição do produto biológico

O compostador é passado novamente para cubicagem e feita a aferição de umidade.

Após a cubicagem, é feita o apuro da umidade atendendo mínimo de 40%, sendo adicionado um aditivo Biológico, Aditivo bioPack SC®, que tem como função solubilizar biologicamente o fósforo; sintetizando e estabilizando nitrogênio; degradando substâncias tóxicas, como dioxinas, furanos e fenóis; sanitizando o material por meio de limpeza de ovos de helmintos, coliformes totais e sementes de ervas daninhas; utilizando ainda o acelerador e homogeneizador dos processos de compostagem, tornando-o solúvel e disponível para as plantas.

Umidade ideal para início do processo

Para iniciar o processo é preciso que a leira esteja com uma **umidade mínima de 30% até 40%.**

Adição de fosfato rochoso e outros minerais

A quantidade de fosfato adicionado na leira poderá ser de **5% do peso total da leira.**

PROCESSAMENTO DAS LEIRAS

Após serem verificados os itens básicos, podemos dar início ao processo de revirar a leira com o compostador. Esse processo deverá ser de no mínimo 1 vez a cada 7 dias. Será verificado semanalmente a temperatura e umidade da leira, caso seja preciso, será adicionado mais água para aumentar a umidade ou a utilização do compostador sem adição de água para diminuir a umidade da leira.



Fonte: arquivo pessoal

Granulometria ideal do produto final

A granulometria final
ideal é de 4mm.

Análises a serem utilizadas no produto final

Análise físico química, granulometria, nitrogênio total, fósforo total, fósforo solúvel, potássio solúvel em água, cálcio e magnésio, enxofre, boro, micronutrientes (Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn), cloro solúvel em água, silício, carbono orgânico total (COT), capacidade de troca de cátions (CTC) e relação C/N.

ODS

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU - Organização das Nações Unidas

Quais ODS a produção de adubo organomineral se enquadra:

ODS: 1 Erradicação da pobreza:

Propriedade e controle sobre a terra, recursos naturais, novas tecnologias apropriadas.



Pode-se produzir uma proteína animal com menor preço e diminuindo também os preços dos insumos.

ODS: 2

Fome zero e agricultura sustentável:

Dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, recursos produtivos e insumos. Garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade, a produção e melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.



Os resíduos gerados na cadeia industrial de produção avícola, quando corretamente reaproveitados, poderão ser reinseridos na cadeia de produção agrária, tornando o processo mais sustentável.

ODS: 12 - Consumo e produção responsáveis:

Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.



Na agricultura de subsistência, o agricultor terá um produto eficaz, pois o organomineral produzido é proveniente de resíduos da produção avícola industrial, que antes não eram utilizados e que agora volta à cadeia de produção, tornando a produção mais sustentável.



Referências

BUDZIAK, Cristiane R.; MAIA, Claudia MBF; MANGRICH, Antonio S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, v. 27, p. 399-403, 2004.

BUENO, P. et al. Otimização de parâmetros de compostagem para conservação de nitrogênio em compostagem. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 11, pág. 5069-5077, 2008.

Organização das Nações Unidas (ONU) - <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
Último acesso em: 14 jan. 2024

