

Uso da cama de frango fermentada e não fermentada na adubação de culturas agrícolas

Use of fermented and non-fermented chicken bed in agricultural crop fertilization

Uso de cama de pollo fermentado y no fermentado en la fertilización de cultivos agrícolas

Recebido: 13/12/2022 | Revisado: 29/12/2022 | Aceitado: 30/12/2022 | Publicado: 01/01/2023

Samuel Costa Bottrel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2128-2492>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: samuelbottrel@yahoo.com.br

Francielly Caroline Chaves Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2004-2078>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: franchavesribeiro@outlook.com.br

Ricardo Sousa Cavalcanti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7348-8946>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: ricardo.cavalcanti@ifmg.edu.br

Fernanda Morcatti Coura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2243-3125>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: fernanda.coura@ifmg.edu.br

Resumo

Dentre os resíduos produzidos na avicultura de corte, o principal subproduto é a cama de frango. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização de cama de frango in natura (não fermentada) e fermentada na adubação de sementes de milho e soja. A cama de frango coletada e obtida na terceira utilização nos galpões de criação de aves. Uma parte do composto foi armazenada durante 15 dias e mantido sob refrigeração (CSF) e a parte (CFF), foi fechada, armazenada em temperatura ambiente por 15 dias. Os experimentos foram conduzidos na casa de vegetação do IFMG – Campus Bambuí. Foram plantadas 10 sementes de cada cultivar por vaso, totalizando 84 vasos em DIC, divididos para os três tratamentos e posteriormente, foi avaliado o índice de germinação, análises físico-químicas e quantificação de microrganismos amonificantes. Observou-se um enriquecimento nos níveis de macronutrientes e micronutrientes dos solos dos dois tratamentos com resíduo em comparação ao controle. Porém, a quantidade de microrganismos amonificantes do solo reduziu de forma brusca no tratamento com CFF e o pH do solo tornou-se mais alcalino nos tratamentos com resíduos. A adição de cama de frango ao solo na proporção utilizada no estudo (21ton/ha) causou morte germinativa de todas as sementes dos tratamentos CSF e CFF, não sendo possível a análise do teste de germinação nestes tratamentos. O trabalho indica que a cama de frango, utilizada nas condições experimentais do estudo, é fitotóxica, não sendo, assim, recomendada a sua utilização direta em culturas na concentração testada, mesmo fermentada por 15 dias.

Palavras-chave: Adubação; Resíduo avícola; Germinação; Toxicidade.

Abstract

Among the residues produced in poultry farming, the main by-product is chicken litter. The objective of the present work was to evaluate the use of fresh (non-fermented) and fermented chicken litter in the fertilization of corn and soybean seeds. The chicken litter collected and obtained in the third use in poultry sheds. A part of the compound was stored for 15 days and kept under refrigeration (CSF) and the part (CFF), was closed, stored at room temperature for 15 days. The experiments were carried out in the greenhouse of the IFMG – Campus Bambuí. Ten seeds of each cultivar were planted per pot, totaling 84 pots in DIC, divided into the three treatments and subsequently, the germination index, physical-chemical analyzes and quantification of ammonifying microorganisms were evaluated. There was an enrichment in the levels of macronutrients and micronutrients in the soils of the two treatments with residue compared to the control. However, the amount of ammonifying microorganisms in the soil reduced sharply in the treatment with CFF and the soil pH became more alkaline in the treatments with residues. The addition of poultry manure to the soil in the proportion used in the study (21ton/ha) caused germinative death of all seeds in the CSF and CFF treatments, making it impossible to analyze the germination test in these treatments. The work indicates that chicken litter, used in the experimental conditions of the study, is phytotoxic, therefore, its direct use in cultures at the tested concentration is not recommended, even fermented for 15 days.

Keywords: Fertilizing; Poultry waste; Germination; Toxicity.

Resumen

Entre los residuos producidos en la avicultura, el principal subproducto es la cama de pollo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de cama de pollo fresca (no fermentada) y fermentada en la fertilización de semillas de maíz y soya. La cama de pollo recolectada y obtenida en el tercer uso en galpones avícolas. Una parte del compuesto se almacenó durante 15 días y se mantuvo en refrigeración (CSF) y la parte (CFF), se cerró, se almacenó a temperatura ambiente durante 15 días. Los experimentos fueron realizados en el invernadero de la IFMG – Campus Bambuí. Se sembraron diez semillas de cada cultivar por maceta, totalizando 84 macetas en DIC, divididas en los tres tratamientos y posteriormente se evaluó el índice de germinación, análisis físico-químicos y cuantificación de microorganismos amonificantes. Hubo un enriquecimiento en los niveles de macronutrientes y micronutrientes en los suelos de los dos tratamientos con residuo respecto al testigo. Sin embargo, la cantidad de microorganismos amonificantes en el suelo se redujo drásticamente en el tratamiento con CFF y el pH del suelo se volvió más alcalino en los tratamientos con residuos. La adición de estiércol de ave al suelo en la proporción utilizada en el estudio (21 ton/ha) provocó la muerte germinativa de todas las semillas en los tratamientos CSF y CFF, imposibilitando el análisis de la prueba de germinación en estos tratamientos. El trabajo indica que la cama de pollo, utilizada en las condiciones experimentales del estudio, es fitotóxica, por lo que no se recomienda su uso directo en cultivos a la concentración ensayada, incluso fermentada durante 15 días.

Palabras clave: Fertilización; Residuos de aves de corral; Germinación; Toxicidad.

1. Introdução

A população global aumentou significativamente para 7 bilhões em 2020 e prevê-se que cresça para aproximadamente 10 bilhões em 2050. Consequentemente, a demanda mundial de alimentos tem aumentado e, até 2050, prevê-se que a necessidade de alimentos per capita dobrará (Manogaran et al., 2020). O aumento da produção de aves para atender ao mercado brasileiro, bem como o mercado mundial, resulta no aumento da produção da cama de frango, que, em grande escala e sem o destino adequado, tem capacidade considerável de poluição e degradação ambiental.

Dentre os resíduos produzidos na avicultura de corte, o principal subproduto é a cama de frango (Garcês et al., 2017; Bortolini et al., 2020). O composto orgânico de origem avícola é comumente denominado cama de frango, sendo um produto da combinação de substrato utilizado na forração dos pisos dos galpões, das fezes, penas e restos de alimento. A cama de frango é um resíduo orgânico de baixo custo, constituído de material de origem vegetal como pó de serra e resíduos da indústria de madeira que são adicionados nos aviários com o objetivo de proteção dos animais e para redução do calor, porém há pouco conhecimento sobre a sua constituição e padrões de qualidade (Tessaro et al., 2015). Considerando-se a relação entre aves alojadas, a que cada ave alojada produz em sua vida a média 1,5 Kg de material orgânico, nos 42 dias de alojamento, pode-se calcular a quantidade aproximada de resíduo produzido no ano no país. Portanto, considerando as 12,9 milhões de aves alojadas em 2018, com 1,5 Kg de média de produção de cama de frango por ave, chega-se ao resultado esperado de 19.350.000 ton. de cama produzida somente neste ano, tornando o estudo das melhores práticas de destino da cama de frango importante (Sérgio et al., 2011).

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

A cama de frango também deve ser considerada fonte contaminante de cursos de água e lençóis freáticos, devido a presença de promotores de crescimento e antibióticos. A necessidade de estudos na área de monitoramento de resíduos em cama de frango deve ser intensificada, a fim de parametrizar os riscos ambientais a qual envolvem a sua produção e utilização, sendo que há necessidade de estudos para desenvolver metodologias de controle de resíduos de antimicrobianos, bem como constituintes da matriz nutricional das aves (Santos, 2002).

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

Os elevados custos dos fertilizantes comerciais e a poluição ambiental gerada fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma alternativa interessante, e permite a ciclagem de nutrientes. Com isto, há interesse em estudos sobre a viabilidade técnica e econômica da utilização de alguns desses resíduos em solos agrícolas (Santos et al., 2011). Além disso, a obtenção de tecnologias de produção, de adubação do solo e de produtos químicos, é dificultosa para os pequenos produtores. Neste contexto, inserem-se a utilização dos compostos orgânicos como substitutos à tradicional adubação com produtos químicos (Pereira et al., 2013).

Diante do exposto e do potencial poluidor do resíduo cama de frango, trabalhos que investigam sua reutilização são de extrema relevância na atualidade e para a sustentabilidade do setor produtivo. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da utilização de cama de frango em apresentações in natura e fermentada para adubação de culturas de milho e soja.

2. Metodologia

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

A amostragem do solo para os testes no experimento com vasos foi feita com solo de barranco coletado no IFMG - Campus Bambuí. A amostragem foi feita em 5 pontos da área com auxílio de um calador, retirando-se 20 cm de solo de cada ponto e homogeneizando-o. Esta amostra foi identificada e armazenada em saco plástico e encaminhada ao laboratório (LABRAS- Goiás) para a avaliação física e química do solo, sendo estas: densidade, volume de sólidos e poros, capacidade de retenção de água e espaço de aeração, pH, SB, t, T, V, M.O., m, C.O, K/T e teores de micro e macronutrientes (elemento requeridos em menor e maiores quantidades, respectivamente).

A cama de frango utilizada no experimento foi coletada na Empresa Avivar Alimentos Ltda, localizada na região Sul Oeste de Minas Gerais, na cidade de São Sebastião do Oeste- MG. Sua composição inicial era a casca de arroz e casca de amendoim para forração dos galpões. A cama de frango foi coletada (40 Kg) em uma única propriedade da empresa, e o material foi direcionado para duas formas de armazenamento. A primeira parte da amostra foi coletada e armazenada em um balde tampado e direcionado para refrigeração, para que esta amostra não passasse pelo processo de fermentação, e fosse utilizada in natura no experimento com vasos (Lima et al. 2014). Essa amostra foi separada e identificada como cama de frango sem fermentação (CSF), em seguida encaminhada para refrigeração e mantida por 15 dias na temperatura de 17°C.

A segunda parte da amostra foi coletada e armazenada em um balde vedado colocado em temperatura ambiente por 15 dias, tempo escolhido para o processo de fermentação, tempo que produtores utilizam para reaproveitamento nas próximas criadas. A amostra foi identificada como cama de frango fermentada (CFF) e permaneceu armazenado em temperatura ambiente afim de simular a fermentação com tempo necessário para simular o procedimento que ocorre no campo. A cama de frango foi disposta em leiras por toda a extensão do galpão e cobertas com lona para permitir o processo de fermentação anaeróbia durante 15 dias.

As amostras de cama de frango foram coletadas após a saída dos frangos para o abate e na 3ª reutilização da cama no galpão de criação. Foi considerado para a coleta da cama de frango 5 pontos distintos do galpão, por toda a extensão do galpão.

Na propriedade eram criados frangos de corte da linhagem Cobb®.

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

O delineamento experimental foi DIC com três tratamentos: Tratamento 1 (Testemunha - solo sem adição de cama de frango); Tratamento 2 CFS (solo com adição de cama de frango in natura); e Tratamento 3 CFF (solo com adição de cama de frango fermentada), totalizando 84 vasos, conforme Figura 1.

Figura 1 – Blocos de tratamentos em casa de vegetação.



Fonte: Autores (2022).

A mistura do solo com a cama de frango foi feita primeiramente com a pesagem de cama de frango utilizada nos tratamentos. Em seguida foi disposto o solo e cama de frango em uma lona para ser feita a mistura para garantir homogeneidade, e a mistura feita com auxílio de uma pá. Após finalizar a mistura para os tratamentos, foi feito o enchimento dos vasos. As sementes utilizadas para experimento foram a soja cultivar 8473 RSF – Desafio e milho B2782pwu.

O plantio das sementes foi realizado em covas de profundidade de 3 cm com auxílio de uma caneta. Em seguida, as sementes foram inseridas e devidamente cobertas. Após o plantio, os vasos foram devidamente regados todos os 35 dias do experimento, sempre durante o período da manhã com auxílio de uma mangueira para irrigação,

Considerando-se a ABNT NBR ISSO 11269-2 para a análise da fitotoxicidade do solo e para a avaliação germinativa, foi necessário que em cada vaso fosse plantado 10 sementes, em espaçamentos iguais entre elas, e avaliado a germinação por 7 dias após a verificação da primeira planta germinada. Foi considerada primeira planta germinada e, a partir daí foi considerado 7 dias para a avaliação da toxicidade de todos os tratamentos. De acordo com a norma, é necessário que ao mínimo 7 das 10 sementes germinem para que o solo não seja considerado fitotóxico. Caso não ocorra a germinação, o substrato é considerado fitotóxico para o cultivo.

Foi realizada a quantificação de microrganismos amonificantes pelo Número Mais Provável (NMP) nas amostras de solo de acordo com protocolo do laboratório. O NMP permite avaliar a quantidade de microrganismos presentes em uma amostra e estimar a proporção viável metabolicamente ativa, sendo utilizada para estimar a população total ou de um grupo específico de microrganismos (Wang et al., 2018).

3. Resultados

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

A Tabela 1 apresenta os dados referentes a análise do solo dos três tratamentos. Dentre os resultados mais importantes, destaca-se que no tratamento CSF o solo tornou-se mais alcalino e os teores de K e Mg foram maiores. No entanto, o teor de P foi maior no tratamento CFF.

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

Amostra	pH	P (melh)	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	H2O	mg/ dm ³			cmolc/dm ³		
CFF	7,7	170	3,24	5,17	1,39	0,09	1,00
CSF	8,4	165,1	4	5,29	1,62	0,0	0,80
Testemunha	5,4	62,5	0,21	1,78	0,36	0,02	1,60

Fonte: Autores (2022).

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

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

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

Onde: S: Soma de bases; t: Capacidade de troca de cátions efetiva; t: CTC Efetiva; T: Capacidade de troca de Cátions a pH 7; V: Porcentagem de saturação por bases. Fonte: Autores (2022).

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

Amostra	SB	t	T	V	m	M.O	C.O
	cmolc/dm ³			%		Dag/K	
	g						
CFF	9,8	9,8	10,8	91	1	2,4	1,4
CSF	11,4	11,4	12,2	94	0	2,8	1,6
	4	7	7				
Testemunha	2,3	2,37	3,95	5,	1	0,8	0,5
	5			9			

Onde: SB: Soma de bases trocáveis; m: Porcentagem de saturação por alumínio; M.O: Matéria orgânica; C.O: Carbono orgânico.
 Fonte: Autores (2022).

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

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

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

Fonte: Autores (2022).

Com relação ao teste de germinação (fitotoxicidade), observou-se que a primeira planta germinada foi observada no tratamento testemunha, e, durante os 7 dias de observação, conforme metodologia, não houve crescimento de plantas nos dois tratamentos CSF e CFF. Sendo assim, a taxa de germinação dos grupos experimentais com cama de frango CFS e CFF foi 0%, enquanto na testemunha observamos uma taxa de germinação de 100% das sementes (Figura 2).

Figura 2 - Teste de germinação dos três tratamentos ao final do experimento.



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

A Tabela 5 apresenta o Número Mais Provável (NMP) de microrganismos amonificantes em cada um dos três tratamentos. Quanto maior é o número destes microrganismos no solo, maior será o seu potencial em converter nitrogênio orgânico para nitrogênio inorgânico, conferindo as plantas a disponibilidade de absorção (Corbo, 2019).

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

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

*NMP: número mais provável de acordo com metodologia do Laboratório Andrios. Fonte: Autores (2022).

4. Discussão

Dentre as formas de utilização do composto avícola está a sua disposição direta na cultura. O presente estudo analisou o efeito da utilização da cama de frango sobre a cultura de milho e soja, principalmente com relação a informações acerca da fitotoxicidade, a partir do índice de germinação, e as mudanças que sua utilização acarreta no solo. Considerando a grande importância destas culturas para o agronegócio brasileiro, a quantidade de cama de frango gerada no país e o efeito negativo que o uso de cama de frango sem tratamento prévio pode desencadear sobre os vegetais, é interessante verificar a fitotoxicidade em plantas tratadas com compostos orgânicos de cama de frango.

O modelo de economia circular minimiza o desperdício por meio da reciclagem e regeneração de recursos, o que resulta em uma produção mais limpa (Lacy & Rutqvist, 2016) e diferentes métodos de tratamento de cama de frango geram resultados de economia circular. A cama de frango é um resíduo orgânico que pode ser empregado na agricultura, devido aos altos teores de carbono e nutrientes, bem como seus efeitos benéficos nos atributos físicos e aumento do teor de matéria orgânica do solo (Silva et al., 2020), e fornecimento de nutrientes às plantas (Pitta et al., 2012). Ademais, a destinação correta deste resíduo é importante para a redução da utilização de produtos químicos na adubação e melhoria das condições ambientais dos aviários (Guimarães et al., 2016). Porém, a prática da utilização direta dos resíduos avícolas como fertilizante orgânico no

solo pode colocar em risco o meio ambiente (Tańczuk et al., 2019), conforme verificado também no presente estudo.

Dentre as vantagens observadas com a adubação a partir de elaborados orgânicos, destacam-se a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (Melo et al., 2009; Ma et al., 2019), resultados determinados no presente estudo. O composto proporciona ao solo o aumento da matéria orgânica, aumento do pH e diminuição do teor de alumínio trocável, resultando na redução dos efeitos tóxicos nas plantas causados por esse íon (Bratti, 2013). No entanto, foi observado nos resultados apresentados uma tendência na alcalinização do solo em que os compostos foram aplicados, o que pode ser um indício de ausência de germinação nestes tratamentos, devido a alteração de pH nos dois tratamentos.

Kiehl (1985) afirma que as aplicações de adubos orgânicos ao longo de um período podem influenciar significativamente os teores de micronutrientes do solo, proporcionando uma maior facilidade para que esses nutrientes sejam disponíveis para a planta e em um espaço de tempo menor. Tessaro et al. (2015) ao avaliarem a biodigestão de cama de frango, concluíram que o biofertilizante apresentou macro e micronutrientes assimiláveis por vegetais, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, boro, cobre, zinco e manganês. Essas modificações foram corroboradas pelo estudo, no qual observou-se tal relação aos macros e micronutrientes dos solos com adição de cama de frango quando se compara com o tratamento testemunha.

O P foi o elemento com aumento mais relevante após os tratamentos, fato esse já relatado na literatura. Ernani (1983) ao avaliar doses crescentes da utilização da cama-de-frango na adubação também constatou aumento dos teores de P com o incremento das doses do resíduo. Esse aumento é importante, pois os solos tropicais úmidos se caracterizam pelo alto grau de intemperismo e pelos baixos teores de P na forma disponível às plantas, e o elemento está localizado, preferencialmente, na superfície, decrescendo conforme a profundidade do solo (Rocha et al., 2005). Assim, nesses solos, o fósforo é o nutriente mais limitante para a produção agrícola (López-Búcio et al., 2000). Portanto, o efeito da cama de frango na alteração do P constitui informação útil para estudos sobre manejo da adubação com resíduos orgânicos.

A eficiência dos resíduos orgânicos como fonte de P pode ser diferente de adubos fosfatados solúveis, pois parte do P total presente nesses resíduos ocorre em formas sólidas, minerais ou orgânicas, que não se solubilizam ou mineralizam. De acordo com Branco et al. (2001), é necessário da presença de ácidos orgânicos ou de um baixo pH no solo para a redução da fixação do fósforo pelas partículas de solo, aumentando a disponibilidade deste elemento. O fósforo é o principal nutriente limitante para os produtos agrícolas produção nesta região e a adubação orgânica pode ser uma importante estratégia de manejo à conservação da qualidade do solo e do ambiente, com o incremento de carbono orgânico e nitrogênio total que esses resíduos podem disponibilizar (Showler, 2016). Porém, como o pH no presente estudo tendeu a alcalinizar, mesmo que o teor de P fosse elevado, é possível que o elemento não estivesse biodisponível para sementes. Além disso, alguma substância química não investigada no estudo poderia estar presente na cama de frango utilizada, como antibióticos.

O material compostado proporciona ao solo aumento da matéria orgânica, aumento do pH e diminuição do teor de alumínio trocável, resultando na redução dos efeitos tóxicos nas plantas causados por esse íon (Bratti, 2013). Na pesquisa, a cama de frango foi fitotóxica para as sementes e de acordo com Cerri et al. (2008), a fitotoxicidade ocasionada pelo uso de um composto é sinal de que este pode não ter sido totalmente curado, estando imaturo para aplicação ou possuindo agentes tóxicos à planta. Negro et al. (2000) alegam que a utilização de um composto imaturo no solo pode ser responsável pela diminuição substancial de oxigênio, que acarreta surgimento de zonas anaeróbicas e altamente redutoras. Além disso, os autores adicionam que este fator, aliado às altas temperaturas, causa o impedimento da germinação ou do desenvolvimento da planta. A metodologia utilizada no estudo buscou realizar o manejo da cama de frango nas pequenas propriedades, e os resultados reforçam a necessidade de tratamento prévio da cama de frango além da fermentação por 15 dias, prolongar o período de fermentação do composto na tentativa de eliminar fitotoxicidade, ou testar diferentes concentrações de composto nas culturas em futuros estudos.

Observou-se o aumento de P, K, Ca, Mg, SB, CTC(t) e V com uso de cama de frango. O uso de esterco animal pode favorecer a infiltração e a absorção da água e aumentar a capacidade de troca de cátions dos solos (Hoffmann et al., 2001). Andreola et al. (2000), estudando adubações orgânica e mineral, observaram que o uso de esterco de aves proporcionou acúmulo de K, e Moreti et al. (2007) constataram uma melhoria dos atributos químicos do solo. Por outro lado, é importante atentar quanto ao desequilíbrio de nutrientes na constituição dos resíduos orgânicos, em comparação às necessidades das culturas (Westerman & Bicudo, 2005). Esse resíduo ainda apresenta capacidade de aumentar a estabilidade de agregados, o que contribui para elevação da porosidade e melhoria na estrutura do solo (Barzegar et al., 2002). Comparado com fertilizantes minerais solúveis, são menos reativos no solo, mas pode ter maior eficiência agrônômica porque sua solubilização gradual permite a liberação de nutrientes durante o desenvolvimento da cultura (Kiehl, 2008).

É sabido que os solos do Cerrado têm baixo pH, baixa capacidade de troca catiônica (CEC), baixo teor de nutrientes, alta capacidade de fixação de P, e alta saturação de Al trocável (Leal & Velloso, 1973). Devido ao processo de formação, a acidez do solo possui origem natural, quando o pH do solo está baixo, diminui-se a disponibilidade de alguns nutrientes, como o fósforo e o molibdênio. Ameniza-se os problemas de um solo ácido com a majoração do pH até valores adequados às plantas, contribuindo com a disponibilidade de nutrientes e neutralizando o alumínio tóxico (Broch & Ranno, 2011). O pH é também um fator que influencia na comunidade de microrganismos, sendo que pH de 7,0 a 8,0 é ideal para compostagem, já pH ácidos inibem a atividade microbiana (Chan et al., 2016). Assim, o composto testado mostrou elevação do pH, do teor nutricional e também houve alteração nas bases trocáveis quando aplicado em solo.

O teste de germinação contribui para observar essas preocupações com relação a fitotoxicidade, pois pode indicar a ocorrência de toxidez, uma vez que o índice de germinação está relacionado com índices químicos e biológicos para avaliar a qualidade do composto avícola (El Fels et al., 2016). Mamindy-Pajany et al. (2011) mostraram a utilização do teste de germinação de sementes e alongamento das raízes para parâmetros de fitotoxicidade. Na Itália, utiliza-se o índice de germinação na regulamentação para avaliar a qualidade de compostos orgânicos para comércio (Cesaro et al., 2015), com suas especificações e indicações de uso de espécies nos estudos. A germinação e a formação das plântulas são aspectos importantes e com grande relevância no estudo de espécies que apresentam potencial econômico, pois envolvem um conjunto de eventos fisiológicos, ocorrendo em adequada condição de temperatura, substrato e luminosidade, por exemplo (BRASIL, 2009). No entanto, apenas as sementes do tratamento testemunha germinaram. Apesar de evidenciado na literatura que a cama de frango apresenta elevados teores de N, P e K (Paula, 2014) e valor energético notável (Bayrakdar et al., 2018) e que tal fato seria vantajoso para o estabelecimento de plantas, no entanto as condições do experimento e o provável excesso de nutrientes não foram propícias para a germinação de nenhuma das espécies em tratamentos contendo a cama de frango.

A maioria das espécies vegetais crescem melhor se tiverem acesso ao nitrogênio (N) nas principais formas de sua disponibilidade (Nitrato: N-NO_3^- e Amônio: N-NH_4^+). A fonte de N da adubação influencia o pH do substrato de cultivo e é indispensável para o crescimento e desenvolvimento de uma cultura. Desta forma, diversos fatores ambientais podem afetar a germinação, como a temperatura, a luz, a disponibilidade de água e oxigênio (Carvalho, 2004) e biodisponibilidade de nutrientes. O fato de as sementes dos tratamentos com cama de frango não germinarem pode estar relacionado a diminuição de nitrogênio ou de oxigênio presentes no composto, presença de agentes fitotóxicos, metais pesados, nitrogênio amoniacal e salinidade, além de grandes concentrações de compostos de baixo peso molecular, como ácidos orgânicos e fenólicos, que podem ter efeito nocivo nas plantas (Jalili et al., 2019).

As alterações observadas em NMP de microrganismos poderia ser ter a possível explicação é que a alta temperatura inibiu a atividade metabólica bacteriana. À medida que a temperatura diminui, o teor de nitrogênio amoniacal aumenta, já que desnitrificação microbiana requer a participação de elétrons, que são derivados diretamente de doadores de elétrons gerados durante o metabolismo do carbono (Wan et al., 2018). Quando o solo perde boa parte destes microrganismos os níveis de

nitrogênio orgânico em forma de nitrogênio amoniacal ficam altos e causam toxicidade para o solo e para as plantas tanto em fase de germinação e crescimento.

Fatores como temperatura, umidade, porosidade, taxa de aeração, pH e relação C/N afetam a comunidade microbiana e o metabolismo que afetam significativamente o processo de compostagem e a qualidade do composto produzido (Wang et al., 2018). A cama de frango em suas duas apresentações causou decaimento das bactérias no solo, que pode causar perda do elemento no ciclo de nitrogênio, mantendo-se assim o N-amoniacal no solo que é um poluente extremamente tóxico que pode ter causado a infertilidade dos dois solos tratados com a cama de frango, seguindo a dose de 21 ton/ha estipulada para este experimento. Assim, a cama de frango in natura e fermentada durante 15 dias possui potencial risco de contaminação ambiental do solo gerando desequilíbrio de microrganismos importantes para transformação do N-amoniacal (alta toxicidade) em nitrito. Dentre os riscos do alto nível de N-amoniacal enfatiza-se a infertilidade, lixiviação do solo e eutrofização de lagos, lençóis freáticos ou cursos de água próximos ao local em que foi utilizado. Tais conclusões só puderam ser confirmadas devido ao fato do tratamento controle, onde somente o solo padrão foi usado para plantio, obter taxa de germinação das sementes em 100% garantindo assim não ser origem de um problema do solo. No entanto, os valores de N total não alteraram de maneira tão intensa nos diferentes tratamentos. Ressalta-se que a aplicação direta da cama de frangos no solo, sem um tratamento apropriado, pode provocar eventos impactantes tanto no solo quanto nos corpos hídricos, culminando com a degradação dos ecossistemas aquáticos e geração de riscos à saúde humana, pois é um material que contém elevada carga orgânica, especialmente nitrogênio e fósforo (Perondi et al., 2017).

5. Conclusão

O presente estudo analisou o efeito da utilização da cama de frango sobre a cultura de milho e soja, principalmente com relação a informações acerca da fitotoxicidade, a partir do índice de germinação, e as mudanças que sua utilização acarreta no solo. A cama de frango na proporção de 21ton/ha, causou morte germinativa de todas as sementes nos tratamentos, sendo assim considerado fitotóxica. Foi notável que a utilização da cama de frango, sob as duas formas testadas, enriqueceu os níveis de nutrientes do solo, mas resulta no decaimento dos microrganismos amonificantes, causando retenção de N-amoniacal, forma tóxica para germinação de sementes e desenvolvimento das plantas. A cama de frango fermentada de terceira reutilização no intervalo de 15 dias, como é feito nas propriedades rurais integradas à empresa, não devem ser utilizadas na proporção de 21ton/ha.

O trabalho indica que a cama de frango, utilizada nas condições experimentais do estudo, é fitotóxica, não sendo, assim, recomendada a sua utilização direta em culturas na concentração testada, mesmo fermentada por 15 dias, servindo de alerta aos produtores, visto que dentre as formas de utilização do composto avícola está a sua disposição direta na cultura. Futuros trabalhos devem enfatizar sempre como esse composto foi utilizado para o experimento, se passou por processos fermentativos, compostagem, digestão ou qualquer outro método que resulte na biotransformação da cama de frango visto que atualmente carecem desta informação tão importante, bem como desenvolver pesquisa com diferentes concentrações de cama de frango fermentada e in natura para avaliação de fitotoxicidade.

Referências

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. (2021). *Relatório Anual ABPA*. https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_
- ABPA. Associação brasileira de proteína animal. *Avicultura e Impactos Ambientais*. <<http://www.ubabef.com.br/associado/59/Agr%C3%ADcola%20Jandelle%20S>>.
- Amaral, P. M. (2020). *Avaliações em teste de germinação de soja submetidas ao composto de cama de frango enriquecida com resíduos vegetais e minerais inoculados*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2020.

- Andreola, F. *et al.* (2000). Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24(3), 609-620.
- Asses, N., Farhat, W., Hamdi, M., & Bouallagui, H. (2019). Large scale composting of poultry slaughterhouse processing waste: microbial removal and agricultural biofertilizer digestate. *Bioresource Technology*, Amsterdam, 178, 238- 246.
- Bayrakdar, A., Stirmeli, R. Ö., & Çalli, B. (2018). Anaerobic digestion of chicken manure by a leach-bed process coupled with side-stream membrane ammonia separation. *Bioresource Technology*, 258, 41-47.
- Branco, S. M., Murgel, P. H., & Cavinatto, V. M. (2001). Compostagem: Solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 6, 115-122.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS. 395p, 2009.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 001/86. Diário Oficial da União, Brasília, 17 de maio de 1986.
- Bratti, F. (2013). *Uso da cama aviária como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho*. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013. <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1527>>.
- Broch, D. L. & Ranno, S. K. (2012). *Fertilização do solo, adubação e nutrição da cultura da soja*. Fundação MS. Tecnologia e Produção: Soja e Milho, 2012.
- Bortolini, J., Tavares, M. H.F., Freitag, D.T, & Kuczman, O. (2020) Removal of solids and chemical oxygen demand in poultry litter anaerobic digestion with different inocula. *Revista Ambiente & Água*, 15(2), 24-69.
- Brugnara, E. C. (2014). Cama de aviário em substratos para mudas de maracujazeiro – amarelo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Chapecó, 9(3), 21-30.
- Campos, S. A. *et al.* (2017). Efeito do esterco de galinha poedeira na produção de milho e qualidade da silagem. *Revista Ceres*, 64(3), 274-281.
- Canellas, L. P. *et al.* (2003). Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 935-944.
- Carvalho, J. E. U. De, Júnior, J. F., Muller, C. H., Teixeira, L. B., & Dutra, S. (2004) Comunicado Técnico. (2004) *Efeito de doses percentuais de cama de frango na produção de Mudas de Abieiro*, Belém, 1.
- Cerri, C. E. P., Oliveira, E. C. A. De, Sartori, R. H., & Garcez, T. B. (2008) *Compostagem*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP, 19p. <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fbc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>.
- Cesaro, A., Belgiorno, V., & Guida, M. (2015). Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. *Resources, Conservation And Recycling*, 94, 72 – 79.
- Chan, M. T., Selvam, A., & Wong, J. W. C. (2008). Reducing nitrogen loss and salinity during “struvite” food waste mineral. *Scientia Agraria*, 9(2), 199-205.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Safra Brasileira de Grãos*. Dados de 10/09/2020. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>.
- CONAB. *Primeiro levantamento da safra 2019/20 de grãos indica produção de 245 milhões de t*. <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3080-primeiro-levantamento-da-safra-2019-20-de-graos-indica-producao-de-245-8-milhoes-de-t>>. 2019.
- Costa, M. S. S. *et al.* (2017). Composting as a cleaner strategy to broiler agro-industrial wastes: Selecting carbon source to optimize the process and improve the quality of the final compost. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2084 - 2092.
- Daíprama. *et al.* (2009). Uso de cal virgem para o controle de Salmonella spp. e Clostridium spp. em camas de aviário. *Ciência Rural*, 39, 1189-1194.
- El Fels, L., Hafidi, M., & Ouhdouch, Y. (2016). Artemia salina as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. *Waste Management*, 50, 194 - 200.
- EMBRAPA, *Adubação orgânica*. 2010. Disponível em:<http://www.cnpm.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/ferorganica.htm>.
- EMBRAPA. *Embrapa suínos e aves: estatística/desempenho da produção*. Embrapa. Santa-Catarina, 2018. <https://www.embrapa.br/suinos-eaves/cias/estatisticas>.
- Ernani, P.R. *Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo*. 1981. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981.
- Fioreze, M., Serantoni, N., & Azevedo, M. de A. (2020). Método simplificado de compostagem para tratamento de cama de frango. *Revista Aidis e Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. 13(1), 20-32.
- Garcês, A.P.J.T., Afonso, S.M.S., Chilundo, A., & Jairoce, C. T. S. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 369– 374, 2017.
- Guimarães, G., Lana, R. De P., Rei, R. De S., Veloso, C. M., & Sousa, M. R. de M. (2016). Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17(4), 617 – 625.
- Hoffmann, I. *et al.* A. (2001). Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 86(3), 263-275.

- Jalili, M., Mokhtari, M., Eslami, H., Abbasi, F., Ghanbari, R., & Ebrahimi, A. A. (2019). Toxicity evaluation and management of co-composting pistachio wastes combined with cattle manure and municipal sewage sludge. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 171, 798 - 804.
- Kiehl, E.J. (1985). *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 492p.
- Lacy, P. & Rutqvist, J., (2016). *Waste to Wealth: the Circular Economy Advantage*. Springer.
- Leal, J.R. & Velloso, A.C.X. (1973). Phosphorus adsorption in Oxisols from Brazilian Savannas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 8: 81-88,1973.
- Lee, J., Choi, D., Ok, Y.S., Lee, S.R., & Kwon, E.E. (2017). Enhancement of energy recovery from chicken manure by pyrolysis in carbon dioxide. *J. Clean. Prod.* 164, 146–152. 10.1016/j.jclepro.2017.06.217.
- Li, Q., Ray, C. S., Callow, N. V., Al Loman, A., Mahfuzul Islam, S. M., & Ju, L.- K. (2019). *Aspergillus niger* production of pectinase and α -galactosidase for enzymatic soy processing. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 134.
- Luo, Y., Liang, J., Zeng, G., Chen, M., Mo, D., Li, G., & Zhang, D. (2008). Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. *Waste Management*, 71, 109 –114, 2018.
- Ma, Q., Paudel, K. P., Bhandari, D., Theegala, C., & Cisneros, M. (2019). Implications of poultry litter usage for electricity production. *Waste Management*, 95, 493 – 503.
- Maeda, K., Hanajima, D., Toyoda, S., Yoshida, N., Morioka, R., & Osada, T. (2011). Microbiology of nitrogen cycle in animal manure compost. *Microb. Biotechnol.* 4, 700–709, 2011.
- Mamindy-Pajany, Y., Hamer, B., Roméo, M., Gérard, F., Galgani, F., Durmiši, E., & Marmier, N. (2011). The toxicity of composted sediments from Mediterranean ports evaluated by several bioassays. *Chemosphere*, 82(3), 362 - 369.
- Manogaran, M.D., Mansor, N., Noor Affendi, N.M., Baloo, L., & Salehuddin, N.F. (2020). Op-timisation of diallyl disulfide concentration and effect of soil condition on urease inhibition. *Plant Soil Environ.* 66 (2), 81–85. 10.17221/617/2019.
- Melo, L.C., Silva, C.A., & Dias, B. de O. (2008). Caracterização da matriz orgânicas de resíduos de origem diversificadas. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 32(1), 163-183.
- Moreti, D. et al. (2007). Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(1), 167-175.
- NBR ISO 11269-2: qualidade do solo: determinação dos efeitos de poluentes na flora terrestre: parte 2: efeitos de substâncias químicas na emergência e no crescimento de vegetais superiores. 2014b. 12 p. ABNT.
- Negro, M. J, Villa, F., Aibar, J., Alarcon, R., & Ciria, P. (2000). *Produção e gestão de composto*. Informações Técnicas do Departamento de Agricultura de Zaragoza, n.88, 2000, 32p.
- Paula, Junior. S. E. M. *Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte: cama de frango*. Rio de Janeiro – RJ: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, 2014.
- Pereira, J.B. *Análise de Desempenho da Cadeia Produtiva de Carne de Frango nos 25 Estados de São Paulo e Goiás*. 2018, 121 f. Dissertação. (Mestrado em Agronegócio) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- Perondi, D., Poletto, P., Restelatto, D. C., Silva, J. P., Junges, J., Collazzo, G. C., Dettmer, A., Godinho, M., & Vilela, A. C. F. (2017). Steam gasification of poultry litter biochar for bio-syngas production, *Process Safety and Environmental Protection*, 109, 478-488.
- Pitta, C. S., Rocha, P. F., Adami, A. P., Assmann, T. S., Franchin, M. F., Casso, L. C., & Sartor, L. R. (2012). Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(3), 1043-1053.
- Purnomo, C. W., Indarti, S., Wulandari, C., Hinoded, H., & Nakasaki, K.Slow (2017). Release Fertiliser Production from Poultry Manure. *Chemical Engineering Transactions*, 56, p:1531-1536.
- Rocha, R. J. S. *Adubação nitrogenada em milho em semeadura direta e cultivo convencional na região Meio-Norte do Piauí*. Tese, Universidade Estadual Paulista, 73 p. 2010.
- Santos, C.C., Bellingieri, P.A. & Freitas, J.C. (2004). Efeito da aplicação de compostos orgânicos de cama de frango nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Escuro cultivado com sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *R. Cient.*, 32, 134-140.
- Santos, D. H., Silva, M. A., Tiritan, C. S., FOLONI, J. S. S., & Echer, F. R. (2011). Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 443-449.
- Sarkar, S., Banerjee, R., Chanda, S., Das, P., Ga Nguly, S., & Pal, S. (2010). Effectiveness of inoculation with isolated *Geobacillus* strains in the thermophilic stage of vegetable waste composting. *Bioresource Technology*, 101(8), 2892 - 2895.
- Schiavinatti, A. F, Andreotti, M, Benett, C. G. S, Pariz, C. M, Lodo, B. N, & Buzetti, S. (2011). Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no Cerrado. *Bragantia*, Campinas, 70(4), 925-930.
- Seiffert, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: *Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola*. Concórdia, SC., Brasil. pp. 1-20, Abril, 2000.

- Showler, A. T. (2015). Effects of compost and chicken litter on soil nutrition, and sugarcane physiochemistry, yield, and injury caused by Mexican rice borer, *Eoreuma loftini* (Dyar) (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*, 71, 1-11.
- Silva, G. C. *Produção de berinjela cultivada com cama de frango*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade da Amazônia, VILHENA-AM, 2019.
- Silva, S.M. Da, Oliveira, L.J., Faria, F.P., Reis, E.F. Dos, & Carneiro, M.A.C. (2011). Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. *Ciência Rural*, 41(11), 1931–1937, 2011.
- Silva, T. R. *et al.* (2011). Cultivo do Milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. *Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, ano 2011, 15(9), 903-910.
- Silva, V. N., Silva, L. E. S. F., Silva, A. J. N., Stamford, N. P., & Macedo, G. R. (2020). Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. *Agriculture and Natural Resources*, 51(3), 142-147.
- Tañczuk, M., Junga, R., Werle, S., Chabi Ń Ski, M., & Ziół Kowski, Ł., (2019). Experimental analysis of the fixed bed gasification process of the mixtures of the chicken manure with biomass. *Renew. Energy* 136, 1055–1063. doi:10.1016/j.renene.2017.05.074
- Tessaro, A. B., Tessaro, A. A., Cantão, M. P., & Mendes, M. A. (2015). Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do paraná e utilizada como substrato para a produ o de biog s. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 8(2), 357-377, 2015.
- USDA - Department Of Agriculture The United States, 2019. <https://www.ers.usda.gov>.
- Valderrama, M., Buzetti, S., Benett, C. G. S., Andreotti, M., & Teixeira Filho, M. C. M. (2011). Fontes e doses de npk em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(2), 254-263.
- Wang, X., Zheng, G., Chen, T., Shi, X., Wang, Y., Nie, E., & Liu, J. (2019). Effect of phosphate amendments on improving the fertilizer efficiency and reducing the mobility of heavy metals during sewage sludge composting. *Journal of Environmental Management*, 235, 124 - 132.
- Westerman, P. W., & Bicudo, J. R. (2005). Management considerations for organic waste use in agriculture. *Bioresource Technology*, 96(2), 215-221.