

WILLIAN SILVA MELO

ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA COM FERTILIZANTE
ORGÂNICO PRODUZIDO A PARTIR DE CARÇAÇAS DE FRANGO

CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
AGOSTO - 2020

WILLIAN SILVA MELO

ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA COM FERTILIZANTE
ORGÂNICO PRODUZIDO A PARTIR DE CARCAÇAS DE FRANGO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Luiz Antônio Zanão Júnior

Coorientador: Reginaldo Ferreira Santos

CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Melo, Willian Silva
ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA COM FERTILIZANTE ORGÂNICO
PRODUZIDO A PARTIR DE CARCAÇAS DE FRANGO / Willian Silva
Melo; orientador(a), Luiz Antônio Zanão Júnior;
coorientador(a), Reginaldo Ferreira Santos, 2020.
34 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2020.

1. Adubação do solo. 2. soja. I. Zanão Júnior, Luiz Antônio . II. Santos, Reginaldo Ferreira. III. Título.

WILLIAN SILVA MELO

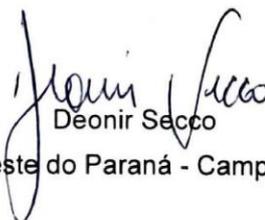
Adubação da cultura da soja com fertilizante orgânico produzido a partir de carcaças de frango

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Luiz Antonio Zanão Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Deonir Secco

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Carla Limberger Lopes

Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR)

Cascavel, 18 de março de 2020

Dedico primeiramente a Deus, aos meus pais Carlos Soares de Melo e Maria Izabel da Silva Melo e meu irmão Eduardo Silva Melo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar e iluminar em todos os momentos de minha vida e permitir a realização de mais um sonho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior, e ao co-orientador, Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos, pelos conhecimentos repassados, pela oportunidade, atenção, confiança e amizade.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Oeste do Paraná.

Em especial, à minha mãe, Maria Izabel da Silva Melo, por dedicar sua vida à realização dos meus sonhos e estar sempre ao meu lado, apoiando e oferecendo forças.

Ao meu pai, Carlos Soares de Melo, pelo apoio e por estar ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu grande amigo engenheiro agrônomo, Paulo Sergio Vendramini, pelo apoio e conhecimentos repassados, companheirismo e amizade.

Ao Diretor e Professor da Faculdade Dom Bosco, Antônio Celso Coginotti, pela motivação em busca do conhecimento e conhecimentos repassados.

À Carla Limberger Lopes, que, infelizmente, partiu para o outro mundo, recentemente, pela grande atenção dispensada, que se tornou essencial para que este trabalho fosse concluído.

Aos colegas, que me apoiaram e ajudaram, nos momentos difíceis, tanto na minha vida profissional como na pessoal.

A todos os meus familiares, que me apoiaram nessa longa jornada da pós-graduação.

A todos que colaboraram para o sucesso deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitação da área de estudo, Ubiratã – Paraná, 2019.....	10
Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal acumulada durante o período de condução do experimento.....	11
Figura 3. Roto acelerador de compostagem utilizado no preparo das carcaças de frango (a) e fertilizante orgânico resultante da compostagem das carcaças de frango (b)	13
Figura 4. Aplicação a lanço do fertilizante orgânico produzido a partir de carcaças de frango com auxílio de implemento.....	13
Figura 5. Equipamento de Ressonância Magnética Nuclear, Química – UFPR, 2019.....	18
Figura 6. Teor de P do solo em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020.....	19
Figura 7. Altura das plantas de soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020.....	21
Figura 8. Número de vagens da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020.....	22
Figura 9. Produtividade da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020.....	23
Figura 10. Massa de mil grãos da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020.....	24
Figura 11. Teor de óleo do grão da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área em que o experimento foi instalado, coletada em 2019.....	11
Tabela 2. Descrição dos tratamentos avaliados, doses aplicadas e quantidades de P ₂ O ₅ fornecidas em cada parcela. Ubatã - PR, 2019.....	12
Tabela 3. Resultados da análise química do composto orgânico produzido a partir de carcaças de frango no acelerador de compostagem utilizado no experimento.....	14
Tabela 4. Características agronômicas da cultivar de soja NA-5909 RG utilizada no experimento.....	15
Tabela 5. Altura das plantas, vagens por planta, produtividade, massa de mil grãos e teor de óleo nos grãos de soja (NA-5909 RG) e teor de P no solo em função das fontes de adubação. Ubatã (PR), 2020.....	26

MELO, Willian Silva. Me. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Março de 2020. **Adubação da cultura da soja com fertilizante orgânico produzido a partir de carcaças de frango.** Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior. Coorientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos.

RESUMO

Os fertilizantes orgânicos são uma opção viável para fornecer fósforo (P) ao solo e melhorar a produção de soja no Paraná, principalmente, em regiões com alta produção de aves em que é possível aproveitar, além do esterco, as carcaças dos animais mortos. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção de soja e a disponibilidade de nutrientes no solo, com o emprego de doses de fertilizante orgânico, formado a partir de carcaças de frango, em comparação ao uso de adubação mineral. O trabalho foi conduzido no distrito de Yolanda, localizado no município de Ubitatã, oeste do Paraná. Os tratamentos avaliados foram cinco doses do fertilizante produzido a partir de carcaças de frango, calculadas para fornecer 0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ou seja, 0; 3,37; 6,71; 10,11 e 13,48 t ha⁻¹, respectivamente. Também foi avaliado um tratamento adicional em que foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, através de 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK mineral 10-15-15. Após a colheita foram avaliados os componentes de produção vegetal da soja, além do teor de P no solo. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). O efeito das doses do composto orgânico foi avaliado por meio de análise de regressão e o tratamento adicional foi comparado por meio de análise de contraste. O uso de doses de composto orgânico a base de carcaça de frango, no cultivo de soja, resultou em aumento linear de altura de planta, número de vagens por planta, massa de mil grãos, produtividade e teor de óleo nos grãos. Também foi eficiente em aumentar os teores de P no solo. Em comparação com o fertilizante mineral, o uso de composto orgânico resultou em maior quantidade de P disponível no solo, porém, menor produtividade de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: Fósforo; solo; produtividade de grãos; *Glycine max*.

MELO, Willian Silva. Me. Western Paraná State University, March 2020. **Fertilization of soybean crop with organic fertilizer produced from chicken carcasses.** Adviser: Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior. Co-adviser: Dr. Reginaldo Ferreira Santos.

ABSTRACT

Organic fertilizers are a viable option to supply phosphorus (P) to the soil and improve soybean production in Paraná, especially in regions with high concentration of poultry industry where it is possible to use carcasses in addition to manure. Thus, the objective of this study was to evaluate soybean production and the availability of nutrients in the soil using doses of organic fertilizer formed from chicken carcasses compared to the use of mineral fertilizer. The work was carried out in the Yolanda district, located in the municipality of Ubitatã, western Paraná. The evaluated treatments consisted of five doses of fertilizer produced from chicken carcasses, calculated to provide 0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅, that is, 0; 3.37; 6.71; 10.11 and 13.48 t ha⁻¹, respectively. An additional treatment was also evaluated in which 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅ were applied, through 400 kg ha⁻¹ of the mineral fertilizer NPK 10-15-15. After harvest, the components of soybean plant production were evaluated in addition to the P content in the soil. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA). The effect of doses of organic compost was evaluated using regression analysis, and the additional treatment was compared using contrast analysis. The use of doses of organic compound based on chicken carcass in soybean cultivation resulted in a linear increase in plant height, number of pods per plant, thousand-grain mass, grain yield and oil content in the grains. It was also efficient in increasing the P content in the soil. In comparison with mineral fertilizer, the use of organic compost resulted in a higher amount of P available in the soil, but less grain yield.

KEYWORDS: Phosphorus; soil; grain yield; *Glycine max*.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Soja.....	3
2.2 Adubação do solo para cultivo de soja	4
2.3 Exigência nutricional da soja	5
2.4 Adubação fosfatada no cultivo de soja	7
2.5 Adubação com resíduos de animais.....	7
2.6 Carcaças de frango	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Localização e caracterização da área experimental	10
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	11
3.3 Produção do fertilizante orgânico utilizado	12
3.4 Aplicação dos tratamentos.....	15
3.5 Dessecação e semeadura	15
3.6 Tratos culturais	16
3.7 Avaliações	16
3.7.1 Teor de fósforo no solo	16
3.7.2 Altura das plantas e quantidade de vagens	16
3.7.4 Teor de óleo dos grãos	17
3.7.5 Análise estatística	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Teor de P no solo	19
4.2 Altura da plantas.....	20
4.3 Número de vagens	21
4.4 Produtividade.....	23
4.5 Massa de mil grãos.....	24
4.6 Teor de óleo nos grãos	25
4.7 Comparação entre aplicação de fósforo no solo proveniente de composto orgânico e de fertilizante mineral	26
5. CONCLUSÕES	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das oleaginosas cultivadas mais importantes no mundo. Entre as commodities agrícolas do Brasil, é uma das principais. Na safra 2018/19, apresentou produtividade média de 3168 kg ha⁻¹, com produção de mais de 113 milhões de toneladas. As razões que fazem da soja uma cultura tão relevante no país é o nível de tecnologia envolvido na produção, destacando-se a o manejo e adubação do solo.

Cultivada praticamente em todo território nacional, a soja apresenta, em algumas regiões brasileiras, como no oeste do Paraná, médias superiores às obtidas pela soja norte-americana. Segundo a CONAB (2019), o Paraná é o segundo maior produtor de soja do país, com 11,8 milhões de toneladas de grãos, só perdendo para o Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, com mais de 16 milhões de toneladas, mas com médias de produtividade semelhantes, de 3200 kg ha¹ (CONAB, 2019).

Para assegurar a máxima produtividade de soja, é essencial o fornecimento adequado de nutrientes, durante o cultivo, por meio da adubação do solo; essa adubação é feita, normalmente, com base em fertilizantes minerais. No entanto, nas últimas décadas, com a escassez desses recursos não renováveis, mais o aumento do custo dos fertilizantes, tornaram-se necessárias alternativas de adubação.

Além do elevado custo, uma das grandes limitações do uso de fertilizante mineral em solos tropicais é a baixa eficiência em fornecer fósforo (P), devido à alta adsorção desse nutriente no solo. Uma fonte orgânica de nutrientes é uma alternativa aos fertilizantes minerais, pois a adição de composto orgânico no solo, além de prevenir a fixação do P, aumenta a sua solubilidade no solo, por meio da biociclagem de fosfatos orgânicos (SANTOS et al., 2008).

Os fertilizantes orgânicos são uma opção, principalmente, em regiões com alta produção de aves e suínos, em que é possível aproveitar, além do esterco, as carcaças; e, também, pelo seu valor em relação ao fertilizante mineral. Além disso, a utilização de composto orgânico permite o correto descarte desse resíduo, o que evita impactos ambientais.

O Brasil gera mais de 13 milhões de toneladas de carcaça de frango, anualmente, sendo a maior parte proveniente do Paraná, uma vez que o Estado lidera o ranking de abate de frangos, com 31,7% da participação nacional (IBGE,

2019). A compostagem da carcaça animal não apenas se apresenta como prática eficiente para adubação da soja, mas também representa uma destinação ambientalmente segura.

A compostagem, conduzida de forma correta, não causa poluição do ar ou das águas, permitindo manejo para evitar a formação de odores, destruindo agentes que causam doenças, além de fornecer, como produto final, um composto orgânico que pode ser utilizado no solo. Dessa forma, é possível reinserir esse resíduo à cadeia produtiva agroindustrial, de forma competitiva, com qualquer outro sistema de destinação de carcaças, que busquem resultados e eficácia (PAIVA et al., 2012).

Sua utilização como adubo pode aumentar o teor de matéria orgânica do solo, de maneira a melhorar suas propriedades físico-químicas e aumentar a produtividade das culturas (CESTONARO et al., 2014; ORRICO JÚNIOR et al., 2010; YANG et al., 2017). Além disso, ao incorporar elementos orgânicos ao solo, obtém-se maior eficiência no uso do fósforo, bem como há o impedimento de perdas de nitrogênio por meio da volatilização da amônia.

No entanto, é necessário respeitar os critérios agronômicos que asseguram uma boa produtividade agrícola e a preservação do solo. Assim, o uso desse composto no solo precisa ser estudado para realizar a recomendação da dose adequada de carcaça de frango aos diferentes sistemas de produção. Até a presente data, pouca informação está documentada sobre a eficiência que esse composto tem de afetar a disponibilidade de nutrientes no solo e produtividade de grandes culturas.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção de soja e a disponibilidade de nutrientes no solo, com o emprego de doses de fertilizante orgânico, formado a partir de carcaças de frango, em comparação ao uso de adubação mineral.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Soja

A soja (*Glycine max*) é uma planta pertencente à família Fabaceae, a qual tem sido cultivada em grande escala, no Brasil, sobretudo, para produção de óleo, rações e biocombustíveis. Além disso, possui origem asiática, mais especificamente, da região nordestina da China, sendo uma cultura de grande relevância econômica mundial, a qual se adapta, vastamente, aos climas tropicais e subtropicais. A cultura da soja teve sua expansão, no Ocidente, do fim do século XV até o final do século XVII; conseqüentemente, foi levada para a América, no início do século XVIII (HYMOWITZ, 2008).

Segundo Bonato e Bonato (1987), a primeira referência na literatura sobre a soja, no Brasil, data de 1882, em que foram expostos os resultados dos primeiros testes realizados com algumas cultivares no Estado da Bahia. Conseqüentemente, vários estudos foram feitos em diferentes pontos do País, o que resultou na importância da instauração da soja em nosso meio. Já em relação ao Paraná, o primeiro registro histórico da soja data de 1936, mas não teve muita expansão até o início da década de 50. Entre 1954 e 1955, houve uma evolução significativa no crescimento da cultura da soja, especialmente, na década de 1970.

Conforme Sousa (1999), até a década de 1970, o cultivo da soja, em região tropical, no Brasil, era considerado utópico, mas o governo investiu na pesquisa dessa cultura. Dessa forma, o resultado está no fato de o Brasil ser o primeiro país no mundo que possui a tecnologia apropriada para cultivar a soja em ampla escala nos trópicos.

A partir desse período, a inserção da soja, no Brasil, acarretou uma revolução no setor agrícola, pois, de uma cultura rudimentar, em um curto período de tempo, tornou-se um dos principais produtos do monopólio agrícola e da economia nacional. O ritmo de expansão da cultura da soja foi expressivo, uma vez que o agricultor foi motivado a substituir outras culturas pela soja e a aumentar suas áreas cultivadas, em razão das altas cotações da soja no comércio internacional (BONATO; BONATO, 1987).

A partir dos anos de 1980 e 1990, com sua expansão para a região central do Brasil, houve um desenvolvimento acelerado da produção. Diante disso, atualmente, as regiões Centro-Oeste e Sudeste cultivam mais de 51% da área, ficando 33% para o cultivo da região Sul, segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IGBE, 2018). A propagação da soja para a região central brasileira aconteceu devido ao aumento de cultivares que se adaptaram às baixas latitudes e às tecnologias de produção, por exemplo, o manejo da fertilidade dos solos e a mecanização das lavouras (CATTELAN; DALL'AGNOL, 2018).

Mundialmente, na safra do ano de 2019, o Brasil foi o segundo maior produtor de grãos de soja, chegando, aproximadamente, a 114,8 milhões de toneladas. Os Estados Unidos são os maiores produtores e exportadores de grãos de soja, chegando aproximadamente a 242,1 milhões de toneladas da produção do grão na safra do ano de 2019 (CONAB, 2019).

Dessa forma, a soja é a oleaginosa mais importante no mundo, uma vez que é responsável por cerca de metade da produção mundial dessas espécies. Sendo assim, diante de pequenos ajustes de manejo, várias regiões nos trópicos podem cultivar soja com altos rendimentos (LYU, 2017).

O manejo da fertilidade dos solos é de vital importância, uma vez que os solos tropicais, frequentemente, exibem uma alta acidez e baixa disponibilidade de nutrientes (NOVAIS et al., 2007). Nesse cenário, o fósforo (P) é considerado um elemento de destaque, pois, além de ser essencial para a produção vegetal, é o nutriente com menor eficiência, ou seja, é o menos aproveitado na adubação. Isso ocorre em razão de solos tropicais serem deficientes em P, devido ao material de origem, e apresentam alta fixação de P em seus coloides (ROSOLEM; MERLIN, 2014).

2.2 Adubação do solo para cultivo de soja

Quando os nutrientes do solo são limitados, processos, como transporte de água e solutos, fotossíntese, produção de proteína, óleo e carboidratos não ocorrem em taxas adequadas, de forma que a produtividade diminui. Portanto, para assegurar uma boa produtividade de soja, é preciso suprir as exigências nutricionais

da cultura, atendendo à demanda da planta em relação à absorção e extração de nutrientes do solo (SARYOKO et al., 2017).

Nutrientes específicos, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), são os três elementos aplicados em maior quantidade no solo. Entretanto, há outros elementos essenciais para o crescimento de plantas, como cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), boro (B), manganês (Mn), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e cloro (Cl), que são requeridos em menores quantidades (NOVAIS et al., 2007).

A crescente produtividade da soja alcançada no país é conseguida com o fornecimento adequado de P, sendo que a quantidade deve ser compatível com as exigências nutricionais da cultura. Embora seja a menor na relação $N > K > P$, normalmente, no solo, o fosfato é o mais requerido na relação $P > K > N$, visando à construção da fertilidade em solos com baixos teores de P (HOLFORD, 1997). Solos, situados em regiões de clima tropical, apresentam teores baixos disponíveis de fósforo (P) (Darch et al., 2016), portanto, é indispensável o seu aporte nos sistemas de produção para manutenção ou aumento da disponibilidade do nutriente nesses solos.

A análise do solo é o método mais simples, eficiente e econômico para conhecer a sua capacidade de suprir os nutrientes necessários para as plantas. Os resultados dessa análise embasam a recomendação das quantidades adequadas de fertilizantes, bem como das correções no solo, com a finalidade de expandir a produtividade das culturas e, conseqüentemente, obter um cultivo altamente produtivo.

2.3 Exigência nutricional da soja

Para que a soja atinja o seu potencial produtivo, é preciso que haja o fornecimento das exigências nutricionais, pois, no decorrer do ciclo dessa cultura, são retiradas grandes quantidades de nutrientes do solo. O N é o componente de maior exigência pela cultura da soja, uma vez que desempenha função nos processos bioquímicos, desenvolvendo proteínas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (TAIZ; ZAIGER, 2017). Conforme Sfredo (2008), na cultura da soja, o N é o

nutriente demandado em maior quantidade e, basicamente, sua fonte é a fixação biológica do nitrogênio (FBN).

Depois do nitrogênio, o potássio é o segundo componente absorvido em amplas quantidades pela planta da soja. Mascarenhas et al. (2003) apontam que o potássio, além de ser um ativador enzimático, é um importante elemento no processo de formação de nódulos fixadores de N, bem como para o controle de doenças fúngicas. Sob níveis de baixo teor de potássio, no solo, pode existir deficiência dessa substância nas folhas, podendo ser verificados alguns sinais, como haste verde, retenção foliar e formação de frutos partenocárpicos na soja. A maneira mais adequada para evitar essa situação é a manutenção da relação de bases $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{K}$, entre 23 e 28, pois, acima desses valores, já se constata ausência de potássio (MASCARENHAS et al., 2003).

O fósforo é considerado o nutriente mais limitante à cultura de soja, no Brasil, em consequência da baixa disponibilidade natural desse nutriente. Desse modo, para a aquisição de uma maior produtividade, é indispensável fornecer o P via fertilização. O P é um elemento que exerce função vital na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e passagem de energia, na divisão e no desenvolvimento celular, bem como na troca de informações genéticas (TAIZ; ZAIGER, 2017).

O Ca também é considerado um fator de grande relevância. É um nutriente exigido em quantias variadas nas diferentes culturas, sendo componente básico das plantas, de grande importância na composição da parede celular, na germinação do grão de pólen e desenvolvimento do canal polínico. Ademais, é indispensável para reproduzir as flores, fixar os botões florais e formar as vagens (TAIZ; ZAIGER, 2017).

As culturas, em geral, necessitam de magnésio (Mg), um macronutriente exigido em quantias maiores pelas culturas para a obtenção de altas produtividades econômicas (NOVAIS et al., 2007). A deficiência de Mg tem como um sinal típico clorose internerval nas folhas maduras. Esse nutriente é essencial à formação da clorofila e à fotossíntese; além do mais, há evidência de que as raízes em crescimento e as sementes em desenvolvimento também são, rigorosamente, afetadas, se há deficiência (CANTARUTTI et al., 2007).

2.4 Adubação fosfatada no cultivo de soja

A maioria dos solos brasileiros apresenta deficiência de fósforo (P), o que pode interferir na saúde das plantas. Diante disso, a deficiência de P pode ser bastante nociva para a soja (GUERRA et al., 2006; HELLAL; ABDELHAMID, 2013). As plantas com deficiência de fósforo apresentam uma redução no seu crescimento, o que ocorre pela ligação à função estrutural do nutriente, bem como por conta do método de passagem e armazenagem de energia; isso interfere em diferentes ações metabólicas, como a síntese de proteínas e o ácido nucleico (SCHACHTMAN et al., 1998).

Em solos deficientes em P, verifica-se baixa produtividade, além de redução do tamanho das plantas de soja. Pesquisas realizadas, no Paraná, evidenciaram que, quanto maior o fornecimento das doses de P, no solo, para o cultivo da soja, maior é o resultado na produtividade, no aumento da altura da planta e na inserção da primeira vagem (SFREDO, 2008).

Os solos brasileiros são deficientes em P, em decorrência do material de origem do solo e do intenso intercâmbio do P com o solo. Menos de 0,1% do P está na solução do solo (DAHNIKE et al., 1964; TURNER, 2006). Portanto, a adubação fosfatada é crucial para aumentar o teor de P no solo.

Em sistemas de plantio direto, com aporte e conservação de matéria orgânica, os níveis de P total, geralmente, aumentam com o tempo (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Nesse sentido, todas as técnicas de manejo, que visam à conservação ou ao incremento da matéria orgânica, no solo, podem aumentar a eficiência no aproveitamento de P pelas plantas.

2.5 Adubação com resíduos de animais

As práticas agrícolas sustentáveis têm despertado, gradativamente, mais interesse aos produtores, devido à conscientização sobre o meio ambiente. A utilização contínua da adubação química resulta em sérios problemas no quesito de degradação do solo, provocando, rapidamente, a contenção do tipo de matéria orgânica, a salinização e a erosão, o que acarreta o esgotamento do teor de

nutrientes do solo (BATHIANY et al., 2018; PRAKASH et al., 2007). Para a reversão desse quadro de degradação dos solos agrícolas, algumas práticas têm sido efetuadas, com destaque para a adubação orgânica (TELLES et al., 2019).

A adubação orgânica advém de produtos que derivam de substâncias de origem vegetal, urbana e/ou industrial e animal. Esse tipo de adubação ajuda a reduzir as despesas de produção pelo menor emprego de adubação química, o que propicia um destino às referidas substâncias, isto é, pode transformá-las em fertilizantes (LEE et al., 2018; OLFATI et al., 2012).

Ao ser utilizado na agricultura, o adubo orgânico oferece vários benefícios para o solo. Isso porque tem como finalidade disponibilizar nutrientes para as plantas se desenvolverem, aumentando o teor de matéria orgânica, a retenção e infiltração de água no solo, o que melhora, também, a capacidade de estabilizar a estrutura e as trocas catiônicas (JOUQUET et al., 2011; KRAMER et al., 2002).

Um exemplo que tem recebido destaque, como insumo natural, são os resíduos provenientes da avicultura, visto que apresentam baixo custo, são de fácil acessibilidade às condições técnicas e econômicas dos pequenos produtores, além de serem menos impactantes para o meio ambiente. Como fonte de nutrientes e matéria orgânica, oferecem grandes benefícios e melhora dos atributos físicos do solo (HOOVER et al., 2019). Esse tipo de adubo orgânico é capaz de expandir a produtividade de diversas culturas, incluindo soja (RAGAGNIN et al., 2013).

Compostos orgânicos de origem animal, como esterco e carcaças, possuem elevada concentração de nutrientes e podem ser empregados para aumentar a disponibilidade de fósforo lábil para as plantas (SALEEM et al., 2017; SINAJ et al., 2002). Ademais, os adubos orgânicos propiciam vários benefícios para os produtores, como a redução de adubos minerais; além de diminuir o custo da produção, também aplacam a poluição ambiental (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

2.6 Carcaças de frango

Na avicultura de corte, os resíduos são o esterco, a cama de frango e as aves mortas; todavia, é necessário que haja um correto manejo desses resíduos para a segurança humana e ambiental. O manejo de resíduos tem como objetivo a

conservação das características do meio ambiente. Dessa maneira, o armazenamento e o tratamento precisam ser realizados em instalações apropriadas e com medidas perfeitas, a fim de atender aos princípios legais, anulando, assim, os riscos de contaminação ambiental (ORRICO JÚNIOR et al., 2010).

A compostagem visa tratar as carcaças de frango, de modo que possam ter destino correto e menos poluente. É a alternativa adequada porque não provoca prejuízos ambientais, como a poluição do ar e das águas. O processo de compostagem é realizado a partir da mistura de carcaças de aves a uma adequada fonte de carbono (PAIVA et al., 2012).

A legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, com base na Instrução Normativa N.º 25, de julho de 2009, recomenda que as carcaças de aves tenham sua permissão para que sejam usadas, em sua incorporação ao solo e pastoreio, apenas após terem ocorrido 40 dias. Em todas as situações de aplicação desse resíduo, deve acontecer a adoção de práticas de manejo e conservação do solo, inclusive, no sistema plantio direto, para evitar possível escoamento externo de nutrientes aos corpos de água superficiais (CORRÊA, MIELE, 2011).

A composteira tradicional recebe aeração por bombeamento ou difusão passiva de ar, com a utilização de bombas e/ou canos perfurados (OLIVEIRA et al., 2018). As aves mortas podem ser compostadas inteiras, mas recomenda-se a fragmentação ou a trituração grosseira das carcaças para uma rápida decomposição desses resíduos (NICOLOSO; BARROS, 2019). Já a composteira automática, apresenta menor tempo para estabilização do composto, o que proporciona segurança sanitária aos sistemas de produção, bem como reduz a atração, além da proliferação de insetos e vetores, por ser um sistema fechado. Assim, o produto final é um composto uniforme e estabilizado, livre de cheiro, risco sanitário e ambiental (DEBONA, 2015).

Após o processo de tratamento (compostagem), as carcaças de frango têm seu aproveitamento como fontes de nutrientes para as culturas vegetais, a exemplo de adubo orgânico (ORRICO JÚNIOR et al., 2010). Todavia, é importante atentar para um balanço de nutrientes, em que as propriedades dos solos, das culturas e dos resíduos sejam consideradas em conjunto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no distrito de Yolanda, localizado no município de Ubitatã-PR, na safra do ano agrícola 2018/2019, cujas coordenadas geográficas são 24°27'17.00" S e 53° 3'28.34" O e 415 m de altitude (Figura 1).



Figura 1. Delimitação da área de estudo, Ubitatã – Paraná, 2019.

A região apresenta distribuição normal de chuvas. Pode ocorrer, em alguns anos, períodos de estiagem, principalmente, no mês de julho. No mês de janeiro, ocorrem as maiores precipitações. De acordo com a Köppen e Geiger, a classificação do clima é Cfa. A temperatura média anual, em Ubitatã, é 19,9°C.

Os dados meteorológicos mensurados durante o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 2.

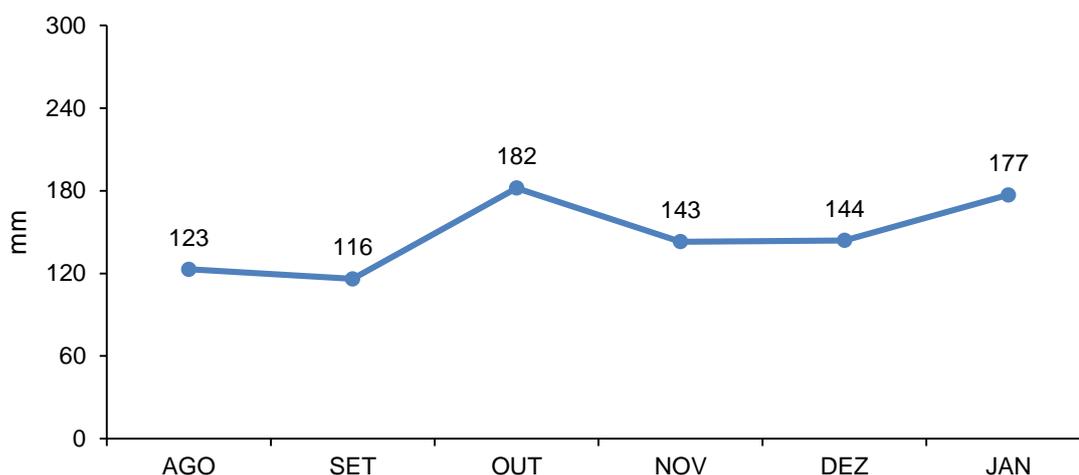


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal acumulada durante o período de condução do experimento, safra 2018/2019. Fonte: Cooperativa Agroindustrial União Ltda.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), com textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Anteriormente à instalação do experimento a área vinha sendo cultivada a pelos menos 10 anos com a sucessão soja seguida de milho como segunda safra em sistema de semeadura direta e utilizando fertilizantes minerais como a principal fonte de P para as plantas.

Antes da implantação da soja, foi retirada amostra de solo na profundidade de 0 - 20 cm, sendo encaminhada para análise química, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área em que o experimento foi instalado, coleta em 2019

pH	P	C	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V
CaCl ₂	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----		%
4,80	6,39	25,65	0,75	6,31	1,19	0,05	6,21	57

Extrator: P e K (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ mol L⁻¹); Al, Ca, Mg = (KCl 1 mol L⁻¹).

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos avaliados foram cinco doses do fertilizante produzido a partir de carcaças de frango, calculadas para fornecer 0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ou seja, 0; 3,37; 6,71; 10,11; e 13,48 t ha⁻¹, respectivamente. Também foi avaliado

um tratamento adicional, em que foram aplicados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , através de 400 kg ha^{-1} do formulado NPK mineral 10-15-15. Na tabela 2 são apresentadas as quantidades dos fertilizantes aplicados (tratamentos) e a quantidade de P_2O_5 que foram fornecidas em cada uma delas.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos avaliados, doses aplicadas e quantidades de P_2O_5 fornecidas em cada parcela. Ubiratã - PR, 2019

Tratamentos	Dose (t ha^{-1})	P_2O_5 (kg ha^{-1})
	0	0
	3,37	30
Carcaça de frango	6,74	60
	10,11	90
	13,48	120
NPK 10-15-15	400 kg ha^{-1}	60

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela possuía 46 m^2 ($4,6 \times 10 \text{ m}$) e um espaço entre os blocos de 4 m.

3.3 Produção do fertilizante orgânico utilizado

O fertilizante orgânico utilizado (Figura 3) no experimento, foi obtido a partir da compostagem de carcaças de frangos mortos, naturalmente, nos aviários da propriedade. A compostagem foi realizada com auxílio do equipamento roto acelerador de compostagem, apresentado na Figura 3.

Os frangos mortos foram colocados no equipamento para serem triturados e facilitar a decomposição. Após, por uma rosca, foram introduzidos no depósito do roto acelerador. Para cada 15 kg de frango, foram colocados também 18 L de serragem para que o equipamento realizasse a mistura e homogeneização.

a)



b)



Figura 3. (a) roto acelerador de compostagem utilizado no preparo das carcaças de frango e (b) fertilizante orgânico resultante da compostagem das carcaças de frango.

A utilização da serragem, ao mesmo tempo em que permite absorver umidade da massa de resíduos orgânicos, apresenta características que evitam a compactação dessa massa, melhorando a aeração; com isso, se favorece o processo de compostagem. O roto acelerador gira a mistura em intervalos de 30 minutos. O processo de dentro da máquina dura de 45 a 60 dias.



Figura 4. Aplicação a lanço, com auxílio de implemento do fertilizante orgânico produzido a partir de carcaças de frango.

O composto é de fácil utilização e pode ser armazenado em big-bags, quando seco, de manuseio facilitado, o qual pode ser aplicado por implementos a lanço. No caso do presente experimento, a aplicação foi realizada com auxílio de um implemento Lancer Magun 10000, conforme Figura 4.

As carcaças de frango foram adquiridas na propriedade Irmãos Melo na região de Ubitatã – PR. Foi utilizado o fertilizante orgânico após 60 dias de compostagem. Após a saída do roto acelerador de compostagem, foi realizada análise química, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da análise química do composto orgânico produzido a partir de carcaças de frango no acelerador de compostagem utilizado no experimento

Elemento	Teor
	(g kg ⁻¹)
Nitrogênio	24,10
Fósforo	3,69
Potássio	6,00
Cálcio	6,85
Magnésio	0,65
Enxofre	2,74
Carbono orgânico	561,00
Matéria orgânica	965,00
	mg kg ⁻¹
Cobre	13,00
Zinco	38,00
Ferro	1480,00
Manganês	56,50
Boro	6,97
Umidade	13,98 %
pH	6,70

Fonte: Solanalise (2019).

3.4 Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos com composto da carcaça de frango foram aplicados a lanço, uma única vez, 30 dias antes da semeadura. A adubação mineral com NPK foi aplicada no sulco, no dia da semeadura.

3.5 Dessecação e semeadura

No mês de agosto de 2019, foi realizada a dessecação da área em pousio, após o cultivo do milho, com aplicação de 2 L ha⁻¹ do herbicida (2,4-D, sal dimetilamina). Na pré-emergência, foram aplicados 2,5 L ha⁻¹ de glifosato (sal de potássio 620 g L⁻¹.) e 2 L ha⁻¹ do herbicida 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium.

Tabela 4. Características agrônômicas da cultivar de soja NA-5909 RG utilizada no experimento.

Características gerais	
Grupo de maturação	5.9
Habito de crescimento	Indeterminado
Ciclo (classificação)	Precoce
Cor da flor	Roxa
Cor da pubescência	Cinza
Massa média de mil sementes	159 g
Porte	Médio
Índice de ramificação	Alto
Índice de colheita	Alto
Exigência de colheita	Média
Exigência de fertilidade	Média
Acamamento	Resistente
Reação às doenças	
Cancro de haste	Resistente
Mancha de "olho-de-rã"	Resistente
Pústula bacteriana	Resistente
Fitóftora	Resistente
Ferrugem asiática	Suscetível
Oídio	Suscetível

Posteriormente, as sementes de soja foram tratadas industrialmente com inseticida. A semeadura foi realizada com semeadora de 9 linhas de tração

tratorizada, com espaçamento de 45 cm, com uma população de 330 mil plantas por hectare.

A cultivar selecionada foi a NA-5909 RG, de ciclo precoce e hábito de crescimento indeterminado, sendo uma das mais cultivadas na região oeste do Paraná. Na tabela 4 são apresentadas suas características agronômicas.

3.6 Tratos culturais

Os tratos culturais foram realizados de acordo com o preconizado para a cultura da soja, conforme EMBRAPA (2012). Na pós-emergência, foram realizadas duas aplicações de herbicida. Para o controle das lagartas, efetivaram-se duas aplicações com inseticidas, e o mesmo ocorreu para controle de percevejos. As pulverizações foram realizadas com um autopropelido jacto 2000 Plus com 23 m de barra e 47 bicos com espaçamento de 50 cm e vazão de 95 L ha⁻¹.

3.7 Avaliações

3.7.1 Teor de fósforo no solo

Foram coletadas três subamostras de solo, na área útil das parcelas, para formação de uma amostra composta, nas entrelinhas da soja, após a colheita. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de P, extrator Mehlich-1, de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (2011).

3.7.2 Altura das plantas e quantidade de vagens

Quando as plantas estavam no estágio fenológico R8, em cada parcela, foram selecionadas 10 plantas, aleatoriamente, as quais tiveram sua altura medida, com uma régua graduada, sendo considerado do solo até o ponteiro e determinada a quantidade de vagens por planta.

3.7.3 Produtividade e massa de mil grãos

A colheita foi realizada em 20/01/2019, sendo colhidas, manualmente, as plantas de soja presentes na área útil de cada parcela. A área útil considerada abrangeu as duas linhas centrais de 5 m em cada parcela. As plantas colhidas foram armazenadas em sacos e trilhadas manualmente.

Em seguida, as vagens foram debulhadas para separação dos grãos, que tiveram suas massas quantificadas para cálculo da produtividade de grãos, em kg ha⁻¹, com umidade corrigida para 13 %.

A massa de mil grãos foi determinada em balança digital de precisão de 0,01 g, com teor de água dos grãos corrigido para 13 %, sendo realizadas em quatro repetições por unidade experimental.

3.7.4 Teor de óleo dos grãos

A análise do teor de óleo nos grãos da soja foi realizada na Universidade Federal do Paraná (UFPR), pelo método de ressonância nuclear magnética (RMN) (Figura 5). Para a análise do teor de óleo por RMN, foi avaliada uma amostra de 100 g de grãos, retirados, ao acaso, do total produzido em uma parcela. Foi considerada percentagem média de óleo, nas sementes de soja, de 20 %, pelo espectrômetro de RMN Ascend 600 MHz (14,1 T).

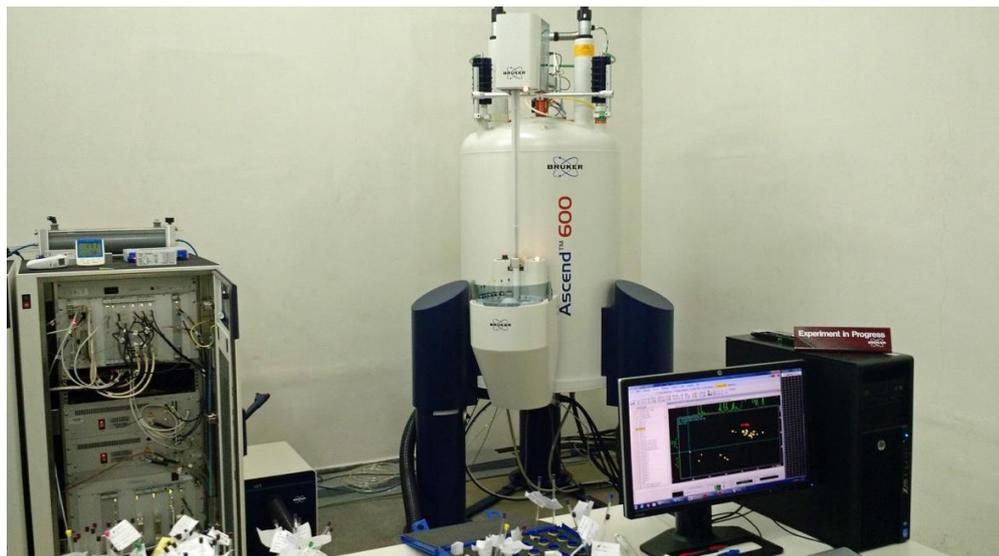


Figura 5. Equipamento de Ressonância Magnética Nuclear, Química – UFPR, 2019.

3.7.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). O efeito das doses do composto orgânico foi avaliado por meio de análise de regressão, sendo selecionados os modelos matemáticos que apresentaram melhores níveis de significância e maior valor de coeficiente de determinação (R^2). O efeito do tratamento adicional foi comparado por meio de análise de contraste com a dose de $6,74 \text{ t ha}^{-1}$ de composto, pois ambos forneceram 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 para as plantas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Assistat (SILVA, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas; quantidade de vagens por planta; massa de mil grãos; produtividade de grãos; teor de óleo, e teor de P na soja, obtiveram resultados significativos como resposta de regressão linear, em função das doses do composto de carcaças de frango aplicadas no solo.

4.1 Teor de P no solo

O teor de P no solo, foi incrementado de forma linear positiva com o aumento das doses do composto, de forma que os valores ficaram entre 11 e 19 mg dm⁻³ (Figura 6). Estudos demonstram que a adição de resíduos animais no solo tem sido eficiente em aumentar o teor de P no solo (DIACONO; MONTEMURRO, 2010; FARIA et al., 2020)

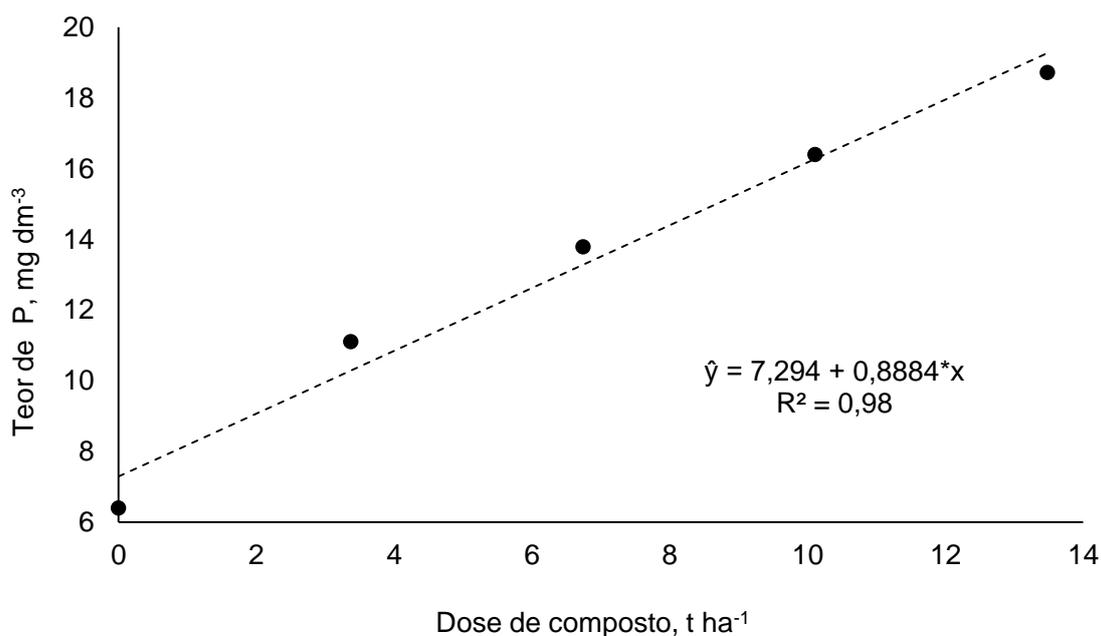


Figura 6. Teor de P do solo em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubitatã, PR, 2020. * = significativo a 5 % pelo teste de F.

Fósforo é o segundo macronutriente que mais limita o desenvolvimento das culturas, além de ser o nutriente menos móvel na rizosfera (HOLFORD, 1997).

Apesar de estar presente em quantidades elevadas no solo, grande parte se encontra indisponível para absorção pelas plantas, pois P forma complexos insolúveis com cátions em condições ácidas e alcalinas. Como resultado, uma grande quantidade de fertilizantes fosfatados inorgânicos tem sido aplicada para sustentar os sistemas de produção agrícola (ALI et al., 2019).

A adubação orgânica, além de ser eficiente em aumentar o teor de P, prontamente disponível no solo, é a forma mais sustentável de recuperar a fertilidade dos solos (SCOTTI et al., 2015a). Essa prática está relacionada ao aumento da fertilidade, pois aumenta os valores de CTC e teores de carbono orgânico, além de elevar a solubilidade de P, sendo disponível em maiores quantidades para as plantas (SCOTTI et al., 2015b).

Segundo o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná, em solos argilosos, como esse do presente estudo, teores de P, entre 8 e 16 mg dm⁻³, são considerados altos (NEPAR-SBCS, 2017). No entanto, apesar dos solos argilosos e, principalmente, intemperizados, como são os Latossolos, possuem alta capacidade de fixação de P, quando há o aumento na concentração desse elemento no solo, pode-se exceder a capacidade de adsorção de P nos coloides, deixando parte disponível na solução do solo (BENDIN et al., 2003).

4.2 Altura da plantas

A adubação com composto orgânico de carcaça de frango, no solo, proporcionou diferença entre as doses utilizadas para a variável altura das plantas. Maiores doses ocasionaram maior altura de plantas, ajustando-se ao modelo de regressão linear (Figura 7), de forma a estabelecer a média de 68,8 cm com a maior dose.

A ausência de nutrientes no solo pode reduzir a altura de plantas, com formação de vagens muito próximas ao solo, o que prejudica, dessa maneira, a colheita mecanizada. Plantas com aturas entre 60 e 120 cm são consideradas adequadas para esse processo (RIBEIRO et al., 2017). Portanto, doses crescentes do composto de carcaça de frango resultaram em efeito positivo para a altura de plantas.

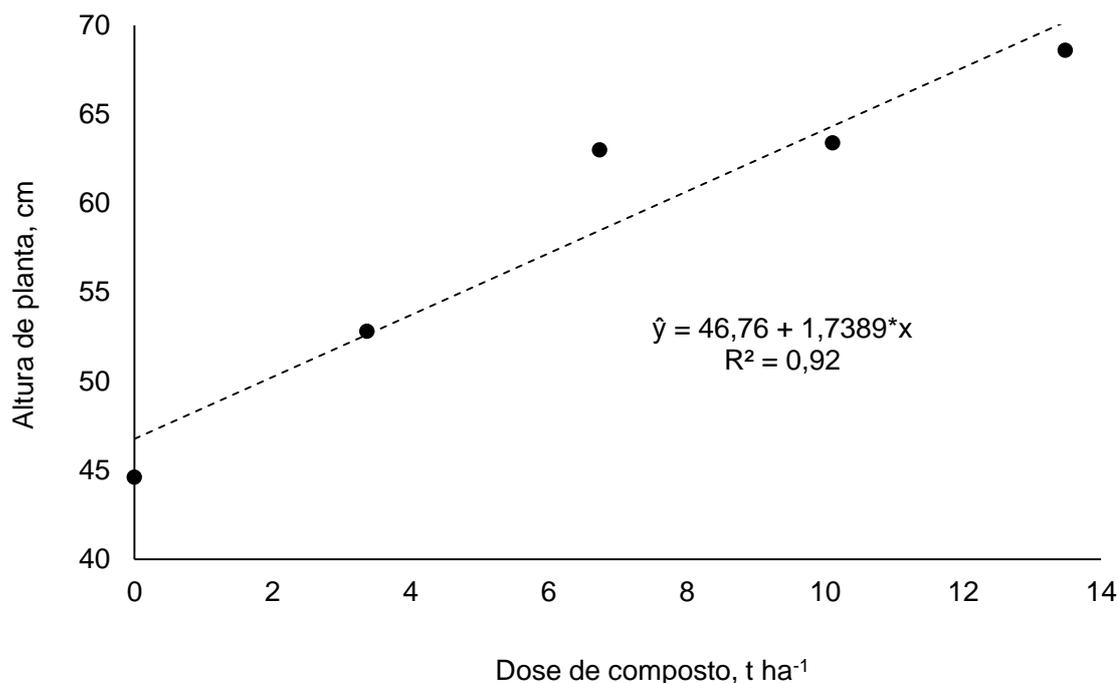


Figura 7. Altura de plantas de soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020. * = significativo a 5 % pelo teste de F.

O aumento linear, observado na altura de plantas, em resposta à aplicação de doses crescentes de composto orgânico, é devido ao aumento na disponibilidade de nutrientes no solo, notadamente, o P. Esse comportamento foi semelhante ao encontrado por SIAVOSHI et al. (2010), com aplicação de composto orgânico ao cultivo de arroz.

A maior disponibilidade de P e N, para plantas de soja, normalmente, promove maior crescimento e formação de novas partes vegetativas (XU et al., 2020), o que também ocasiona maior produção de vagens por planta.

4.3 Número de vagens

Verificou-se efeito de doses de composto orgânico para o número de vagens. Essa variável foi, significativamente, afetada pelas doses do composto, aumentando linearmente com o acréscimo das doses (Figura 8).

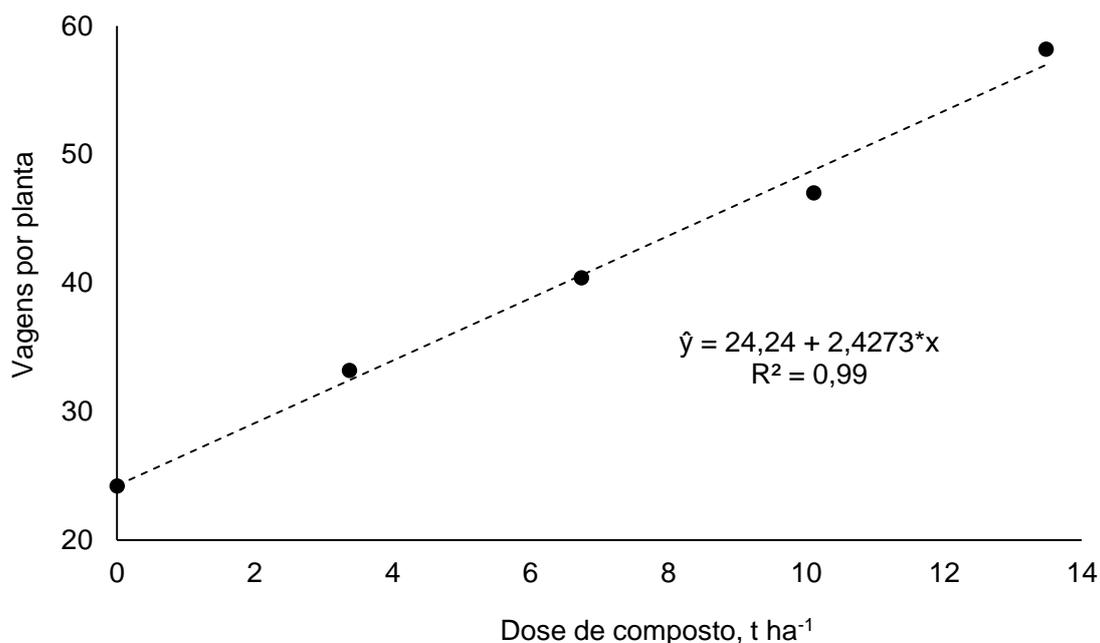


Figura 8. Número de vagens da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020. * = significativo a 5 % pelo teste de F.

Esse resultado indica que o composto teve efeito significativo positivo e a maior dose utilizada resultou em 58 vagens por planta, em média. Onyenali et al. (2020) também obtiveram maior número de vagens por planta em cultivo de soja com adubação orgânica proveniente de resíduos animais.

O fornecimento de doses adequadas de fósforo, desde o início do desenvolvimento vegetal, estimula o crescimento radicular, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas, além de ser essencial para a boa formação de frutos e, em geral, incrementa a produção nas culturas, como de soja (RAIJ, 1991).

Em leguminosas, a deficiência de nutrientes, especialmente P, reduz o potencial de rendimento pela menor produção de flores e vagens, bem como menor produção de sementes (VENTIMIGLIA et al., 1999; ZUCARELI et al., 2006). Evidentemente, as plantas responderam melhor aos elementos presentes no composto de carcaças de frango, de maneira que assimilaram os nutrientes advindos, o que estimulou a formação de vagens.

A produção de soja está associada com a variação no número de sementes

em função do número de vagens por planta, dessa forma, existe associação altamente positiva e significativa entre o número de vagens por plantas e a produtividade de grãos (IKEOGU; NWOPIA, 2013).

4.4 Produtividade

A produtividade de grãos elevou-se, linearmente, com o aumento das doses de composto (Figura 9). A maior dose proporcionou uma produtividade média de 4092kg ha⁻¹. De acordo com Lana et al. (2003), há uma relação direta entre a fertilidade do solo e a produtividade de soja, sendo, diretamente, dependente da concentração disponível de P na solução do solo. Portanto, o composto orgânico foi eficiente em fornecer os nutrientes primordiais para produção de soja, resultando, assim, em alta produtividade de grãos.

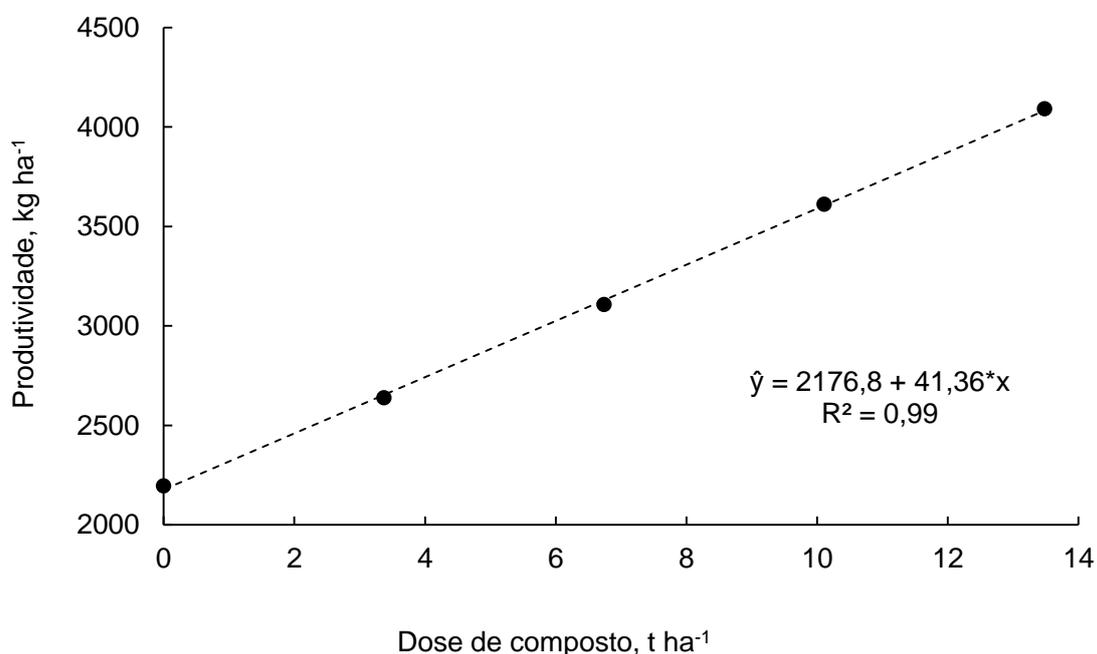


Figura 9. Produtividade da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020. * = significativo a 5 % pelo teste de F.

Em trabalho realizado no cerrado, durante três safras de soja, Leite et al. (2017) constataram que doses crescentes de fósforo influenciaram, positivamente, a produtividade de grãos. Ainda, foi verificado que, em períodos de déficit hídrico,

apenas a altura de plantas responde às doses de P, fato não corroborado no presente estudo.

A produtividade global depende de um solo saudável e fértil e a maioria dos solos no mundo não tem capacidade de fornecer P suficiente, muitas vezes, tornando a produtividade de grãos baixa (ALI et al., 2019). Assim, empregar adubos orgânicos ocasiona diversos benefícios para a melhoria da qualidade do solo e, conseqüentemente, ao desenvolvimento e produtividade das culturas.

4.5 Massa de mil grãos

Em relação à massa de mil grãos, também, foi verificado efeito das doses de composto orgânico. Essa variável foi, significativamente, afetada, o que aconteceu de forma linearmente maior, conforme o acréscimo das doses (Figura 10).

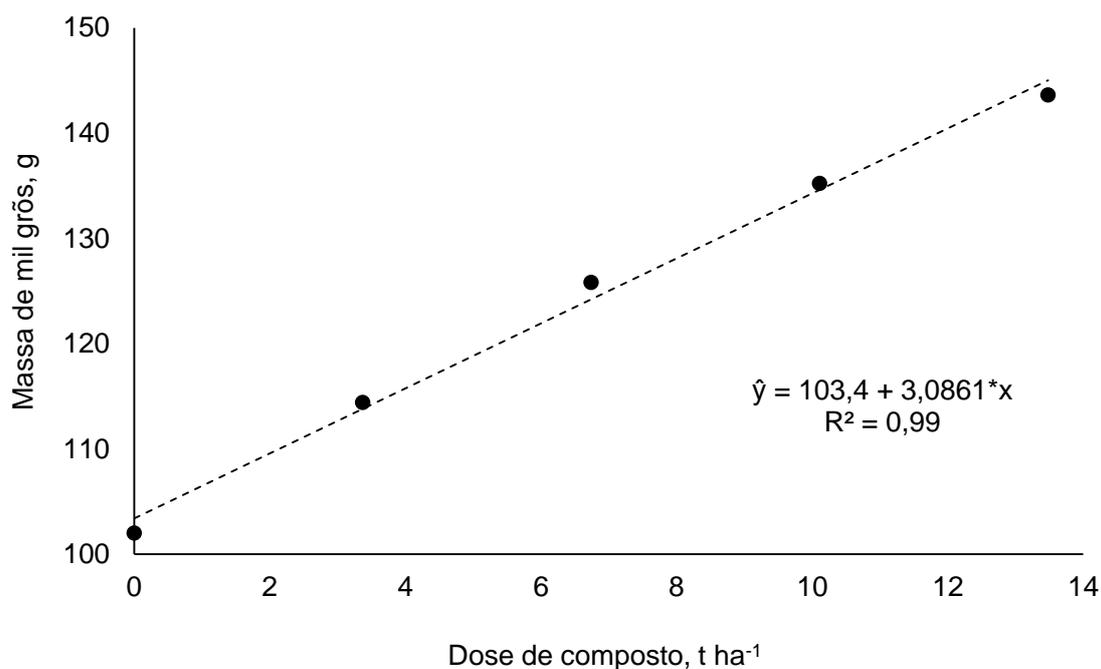


Figura 10. Massa de mil grãos da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020. * = significativo a 5 % pelo teste de F.

O aumento desse parâmetro seguido da aplicação de composto orgânico no solo tem sido reportado em soja em diversas pesquisas (ONYENALI et al., 2020; YAGOUB et al., 2012). O bom desenvolvimento da soja nas parcelas tratadas pode ser devido ao fornecimento e disponibilidade de nutrientes necessários para a partição de assimilados aos vários componentes estruturais das plantas.

4.6 Teor de óleo nos grãos

Doses crescentes de composto orgânico afetaram o teor de óleo, em grãos de soja, de maneira positiva e linear (Figura 11).

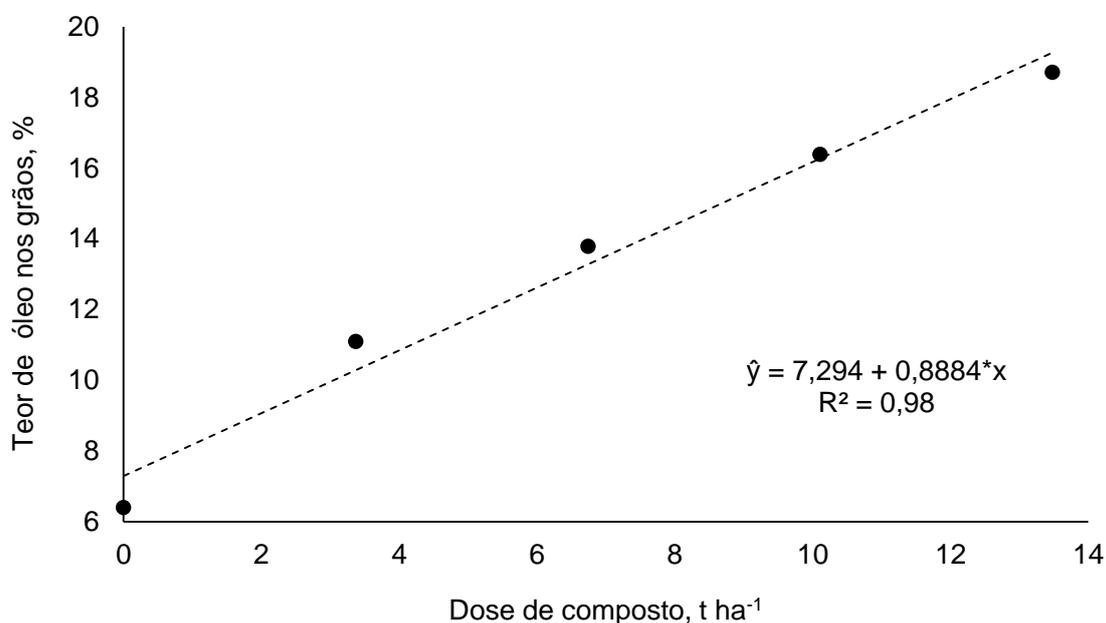


Figura 11. Teor de óleo do grão da cultura da soja (NA-5909 RG) em função das doses de composto de carcaças de frango. Ubiratã, PR, 2020. * = significativo a 5 % pelo teste de F.

A qualidade da semente de soja é bastante influenciada pela disponibilidade de nutrientes, com P tendo um impacto positivo ao teor de óleo dos grãos (WIN et al., 2010). Efeitos significativos para o teor de óleo foram observados com diferentes níveis de P em cultivo de soja (MALIK et al., 2006). Nesse sentido, o fornecimento necessário de P, para uma boa produção de óleo, em grãos de soja, pode ser suprido com aporte do composto orgânico de carcaça de frango.

4.7 Comparação entre aplicação de fósforo no solo proveniente de composto orgânico e de fertilizante mineral

Foram realizadas comparações, por meio de análise de contraste, entre o tratamento adicional, em que foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, por meio de 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK mineral 10-15-15, com o tratamento, em que se forneceu a mesma quantidade de P₂O₅, por meio de 6,74 t ha⁻¹ de composto orgânico à base de carcaça de frango. Os resultados estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Altura das plantas, vagens por planta, produtividade, massa de mil grãos e teor de óleo nos grãos de soja (NA-5909 RG) e teor de P no solo em função das fontes de adubação. Ubiratã (PR), 2020

	6,74 t ha ⁻¹ de composto	400 kg ha ⁻¹ do NPK 10-15-10
Altura das plantas, cm	66,00 a	56,83 b
Vagens por planta	44,50 a	34,16 b
Produtividade, kg ha ⁻¹	3108 b	3900 a
Massa de mil grãos, g	125,8 a	125,4 a
Teor de óleo, %	20,45 a	20,85 a
Teor de P no solo, mg dm ⁻³	27,27 a	15,12 b

Letras iguais nas linhas não diferem significativamente pelo teste t a 5 % de significância.

Verificou-se que o fornecimento de fósforo, no solo, via composto orgânico, resultou em maior altura de plantas e grande quantidade de vagens por planta. O composto orgânico, também, ocasionou alto teor de P ao solo, comparado com o uso de fertilizante mineral. No entanto, observou-se maior produtividade de grãos com o emprego de fertilizante mineral. Não foi verificada diferença significativa entre o teor de óleo dos grãos e a massa de mil grãos entre os tratamentos.

Em relação ao teor de P, solos agrícolas, geralmente, apresentam limitada quantidade de matéria orgânica; ademais, a aplicação de adubo orgânico estimula o crescimento de microrganismos, que aumentam a quantidade de P, no solo, uma vez que, junto com carbono e nitrogênio, serve como fonte de energia principal para mineralização microbiana (DEMOLING et al., 2007).

No presente estudo, provavelmente, a aplicação de fósforo de composto orgânico forneceu substrato prontamente disponível para a comunidade microbiana,

que age na solubilização do fósforo. Enquanto isso, a aplicação de fosfato inorgânico pode ter resultado na sua fixação, nos coloides, ficando apenas parte dele disponível na solução do solo.

Embora o composto orgânico, na dose $6,74 \text{ t ha}^{-1}$, tenha resultado plantas mais altas e com maior número de vagens, a maior produtividade foi atingida com a aplicação de fertilizante mineral. No entanto, maiores produtividades podem ser alcançadas com altas doses do composto ($10,11$ e $13,48 \text{ t ha}^{-1}$), sem prejuízo de outros componentes da planta.

5. CONCLUSÕES

O uso de doses de composto orgânico, à base de carcaças de frango, no cultivo de soja, resultou em aumento linear de altura de planta, número de vagens por planta, massa de mil grãos, produtividade e teor de óleo nos grãos. Também, foi eficiente em aumentar os teores de P no solo. Em comparação com o fertilizante mineral, o uso de composto orgânico ocasionou maior quantidade de P disponível no solo, porém, menor produtividade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, W.; NADEEM, M.; ASHIQ, W.; ZAEEM, M.; GILANI, S. S. M.; RAJABI-KHAMSEH, S.; PHAM, T. H.; KAVANAGH, V.; THOMAS, R.; CHEEMA, R. The effects of organic and inorganic phosphorus amendments on the biochemical attributes and active microbial population of agriculture podzols following silage corn cultivation in boreal climate. **Scientific Reports**, v. 9, p. 17297, 2019.
- BATHIANY, S.; DAKOS, V.; SCHEFFER, M.; LENTON, T. M. Climate models predict increasing temperature variability in poor countries. **Science Advances**, v. 4, eaar5809, 2018.
- BEDIN, I.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MENDONÇA, L. A.; VILELA, L; C; S. Fontes de fósforo e crescimento do milho em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Ciência Agrotecnológica**, Edição Especial, p.1522-1531, 2003.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da Fertilidade do Solo e Recomendação de Fertilizantes. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B.;NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do Solo**.Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-872.
- CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds Crops Lipidis**, v. 25, p. D102, 2018.
- CESTONARO, T.; ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; LOPES, L. S.; COLDEBELLA, A. Poultry carcass decomposition and physicochemical analysis of compounds in different Composter types. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 617-625, 2014.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2018/2019**, décimo levantamento, jul. 2019. Brasília: Conab, 2019. 78p.
- CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: Documentos 149: **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p.125-152
- DAHNIKE, W; C.; MALCOLM, J. L.; MENÉNDEZ, M. E. Phosphorus fractions in selected soil profiles of el salvador as related to their development. **Soil Science**, v. 98, n. 1, p. 33-38, 1964.
- DARCH, T.; BLACKWELL, M. S. A.; CHADWICK, D.; HAYGARTH, P. M.; HAWKINS, J. M. B.; TURNER, B. L. Assessment of bioavailable organic phosphorus in tropical forest soils by organic acid extraction and phosphatase hydrolysis. **Geoderma**, v. 284, p. 93-102, 2016.
- DEVI. K. N.; SINGH, T. B.; ATHOKPAM, H. S.; SINGH, N. B.; SAMURAILATPAM, D. Influence of inorganic, biological and organic manures on nodulation and yield of

soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and soil properties. **Australian Journal of Crop Science**, v.7, p.1407-1415, 2013.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, p. 401-422, 2010.

DEMOLING, F.; FIGUEROA, D.; BÅÅTH E. Comparison of factors limiting bacterial growth in different soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 2485–2495, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FARIA, M. R.; GUIMARÃES, R. A.; PINTO F. A. M. F.; SIQUEIRA, C. S.; SILVA, C. A.; MEDEIROS, F. H. V.; BETTIOL, W. Contribution of organic amendments to soil properties and survival of *Stenocarpella* on maize stalk. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 6, e20180289, 2020.

GUERRA, C.; MARCHETTI, M.; DIAS, A.; SOUZA, L.; GONÇALVES, M.; NOVELINO, J. Soybean seed physiological quality in function of phosphorus, molybdenum and cobalt fertilization. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 28, p. 91-97, 2006.

HELLAL, F. A.; ABDELHAMID, M. T. nutrient management practices for enhancing soybean (*Glycine max* L.) production. **Acta Biológica Colombiana**, v. 18, p. 239-250, 2013.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Soil Research**, v. 35, p. 227-240, 1997.

HOOVER, N. L.; LAW, J. Y.; LONG, L. A. M.; KANWAR, R. S.; SOUPIR, M. L. Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue. **Journal of Environmental Management**, v. 252, 109582, 2019.

HYMOWITZ, T. 1 - The History of the Soybean. In **Soybeans**, eds. JOHNSON, L. A.; WHITE, P. J.; GALLOWAY, R. AOCs Press, 2008. p. 1-31.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária out. – dez. 2018**. Atualizado em 2019. Disponível em < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2018_4tri.pdf>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2018**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/>>.

IKEOGU, U. N., NWOPIA G. E. Yield parameters and stability of soybean [*Glycine*

max. (L.) Merrill] as influenced by phosphorus fertilizer rates in two ultisols. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 5, p. 54-63, 2013.

JOUQUET, E. P.; BLOQUEL, E.; DOAN, T. T.; RICOY, M.; ORANGE, D.; RUMPEL, C.; TRAN DUC, T. Do compost and vermicompost improve macronutrient retention and plant growth in degraded tropical soils? **Compost Science & Utilization**, v. 19, p. 15-24, 2011.

KRAMER, A. W.; DOANE, T. A.; HORWATH, W. R.; VAN KESSEL, C. Combining fertilizer and organic inputs to synchronize N supply in alternative cropping systems in California. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 91, p. 233-243, 2002.

LEE, L. H.; WU, T. Y.; SHAK, K. P. Y.; LIM, S. L.; NG, K. Y.; NGUYEN, M. N.; TEOH, W. H. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: a mini-review. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 93, p. 925-935, 2018.

LEITE, R. C.; CARNEIRO, J. S. S.; FREITAS, G. A.; CASALI, M. E.; SILVA, R. R. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 28-35, 2017.

LYU, J. Soybean genetics: Adapting to the tropics. **Nature Plants**, v. 3, p. 17050, 2017.

MALIK, M. F. N., QURESHI, A. S., ASHRAF, M., GHAFOR, A. Genetic variability of the main yield related characters in soybean. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 8, p. 815-819, 2006.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C. Potássio para a soja. **O Agrônomo**, v. 55, n. 1, p. 20-21, 2003.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. C. **Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico**: Método simplificado. IAPAR, Londrina, 2015. 26 p. (Boletim Técnico, 84).

NEPAR-SBCS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO- NÚCLEO ESTADUAL PARANÁ. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: NEPAR-SBCS, 2017. 482 p.

NICOLOSO, R. S.; BARROS, E. C. **Manual de dimensionamento e manejo de unidades de compostagem de animais mortos para granjas de suínos e aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 77 p.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

OLFATI, J. A.; KHASMAKHI-SABET, S. A.; SHABANI, H.; PEYVAST, G. H.

Alternative organic fertilizer to cow manure for french dwarf bean production. **International Journal of Vegetable Science**, v. 18, p. 190-198, 2012.

OLIVEIRA, M. M. ; COLDEBELLA, A.; BELLI FILHO, P.; ARMANDO, P.; OLIVEIRA, V. Aeration frequency on accelerated composting of animal carcasses. **Ciência e Agrotecnologia**, v, 42, p. 653-665, 2018.

ONYENALI, T.; OLOWE, V.; FABUNMI, T.; SORÉTIÉ, A. Organic fertilizers improve the growth, seed quality and yield of newly released soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties in the tropics. **Organic Agriculture**, v. 10, p. 155-170, 2020.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 538-545, 2010.

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

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.

PRAKASH, V.; BHATTACHARYYA, R.; SELVAKUMAR, G.; KUNDU, S.; GUPTA, H. S. Long-term effects of fertilization on some soil properties under rainfed soybean-wheat cropping in the Indian Himalayas. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 170, p. 224-233, 2007.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAGAGNIN, V. A.; SENA JÚNIOR, D. G.; DIAS, D. S.; BRAGA, W. F.; NOGUEIRA, P. D. M. Growth and nodulation of soybean plants fertilized with poultry litter. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 17-24, 2013.

RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A M.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; VILELA, N. J. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; MOREIRA, A. G. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, v. 47, e20160928, 2017.

ROSOLEM, C. A.; MERLIN, A. Soil phosphorus availability and soybean response to phosphorus starter fertilizer. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1487-1495, 2014.

SANCHEZ, P. Phosphorus. In: **Properties and Management of Soils in the Tropics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. p. 370-414.

SALEEM, A.; IRSHAD, M.; HASSAN, A.; MAHMOOD, Q.; ENEJI, A. E. Extractability and bioavailability of phosphorus in soils amended with poultry manure co-composted with crop wastes. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, p.

609-623, 2017.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, p. 576-586, 2008.

SARYOKO, A.; HOMMA, K.; LUBIS, I.; SHIRAIWA, T. Plant development and yield components under a tropical environment in soybean cultivars with temperate and tropical origins. **Plant Production Science**, v. 20, p. 375-383, 2017.

SCHACHTMAN, D.P., REID, R. J.; AYLING, S. M. Phosphorus uptake by Plants:from soil to cell. **Plant Physiology**, v. 116, p. 447, 1998.

SCOTTI, R.; BONANOMI, G.; SCELZA, R.; ZOINA A.; RAO, M. A. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 15, p. 333-352, 2015a.

SCOTTI, R., D'ASCOLI, R.; GONZALEZ CACERES, M.; BONANOMI, G.; SULTANA, S.; COZZOLINO, L.; SCELZA, R.; ZOINA A.; RAO, M. A. Combined use of compost and wood scraps to increase carbon stock and improve soil quality in intensive farming systems. **European Journal of Soil Science**, v. 66, p. 463-475, 2015b.

SFREDO, G. J. **Calagem e adubação da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Circular técnica, 61).12 p.

SIAVOSHI, M.; NASIRI, A.; LAWRE, S. Effect of organic fertilizer on growth and yield components in Rice (*Oryza sativa* L.). **The Journal of Agricultural Science**, v. 3, p. 217-224, 2010.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software version 7.7 and e its use the analysis of experimental data. **African Journal of agricultural research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SINAJ, S.; TRAORE, O.; FROSSARD, E. Effect of compost and soil properties on the availability of compost phosphate for white clover (*Trifolium repens* L.). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 62, p. 89-102, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TELLES, T. S.; LOURENÇO, M. A.P.; OLIVEIRA, J. F.; COSTA, G. V.; BARBOSA, G. M. C. Soil conservation practices in a watershed in Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.91, n.3, e20180578, 2019.

TURNER, B. L. Organic phosphorus in Madagascan rice soils. **Geoderma**, v. 136, p. 279-288, 2006.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p.195-199, 1999.

WIN, M.; NAKASATHIEN, S.; SAROBOL, E. Effects of phosphorus on seed oil and protein contents and phosphorus use efficiency in some soybean varieties. **Kasetsart Journal - Natural Science**, v. 44, p. 1-9, 2010.

XU, F.; CHU, C.; XU, Z. Effects of different fertilizer formulas on the growth of loquat rootstocks and stem lignification. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1033, 2020.

YAGOUB, S. O.; AHMED, W. M. A.; MARIOD, A. A. Effect of urea, NPK and compost on growth and yield of soybean (*Glycine max* L.), in semi-arid region of Sudan. **ISRN Agronomy**, v. 2012, 678124, 2012.

YANG, X.; LU, K.; MCGROUTHER, K.; CHE, L.; HU, G.; WANG, Q.; LIU, X.; SHEN, L.; HUANG, H.; YE, Z.; WANG, H. Bioavailability of Cd and Zn in soils treated with biochars derived from tobacco stalk and dead pigs. **Journal of Soils and Sediments**, v. 17, p. 751-762, 2017.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E.U.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 9-15, 2006.