



Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango¹

Thais R. da Silva², June F. S. Menezes², Gustavo A. Simon², Renato L. de Assis³,
Catarina J. de L. Santos² & Graciely V. Gomes²

RESUMO

Objetivou-se com este experimento avaliar o efeito de doses e épocas de incubação de cama-de-frango no desenvolvimento inicial de plantas de milho e na disponibilidade de teores de P no solo. O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, na FESURV – Universidade de Rio Verde, de novembro/2007 a janeiro/2008. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados e os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial $5 \times 4 + 1$, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de doses de cama-de-frango (4; 7; 14; 21 e 28 t ha⁻¹), as épocas de incubação (0, 7, 15 e 30 dias antes do plantio) e mais um adicional (adubação mineral). Antes e após 45 dias do plantio do milho retiraram-se amostras de solo para determinação dos teores de P disponíveis (Mehlich-1) e aos 45 dias após o plantio, avaliadas as seguintes características: altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos. As doses de cama-de-frango são superiores à adubação mineral, em todas as características avaliadas. Com a dose de 21 t ha⁻¹ de cama-de-frango e 30 dias de incubação de cama-de-frango, obtém-se as maiores alturas das plantas, maiores produções de biomassa seca de folhas e colmos e também maiores teores de P no solo.

Palavras-chave: resíduos orgânicos, esterco, fertilizante fosfatado

Corn cultivation and availability of phosphorus under fertilization with chicken manure

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of rates and incubation periods of poultry manure in the initial development of corn and the availability of phosphorus in the soil. The experiment was carried out in greenhouse, at FESURV - Rio Verde University, from November/2007 to January/2008. The experimental design was set as completely randomized-block design in a factorial with one additional treatment, $5 \times 4 + 1$ with four replications, consisted of five rates of poultry manure (4; 7; 14; 21 and 28 Mg ha⁻¹), incubation periods of the residue in soil (0, 7, 15 and 30 days before the seedling) and one additional treatment (mineral fertilizer). Before and 45 days after the planting the soil of all plots were sampled and the content of phosphorus availability (Mehlich-1) was determine and at 45 days after the planting, the height of the plants, yields of leaves and dry matter of stalks were evaluated. The doses of poultry manure were superior than mineral fertilizer in all evaluated characteristics. The greatest height of the plants, yields of leaves and dry matter of stalks and contents of P in the soil were obtained using 21 Mg ha⁻¹ of poultry manure and 30 days of incubation.

Key words: organic residues, manure, phosphate fertilizer

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Fesurv – Universidade de Rio Verde

² Fesurv – Universidade de Rio Verde, CEP 75901-970, Rio Verde, GO, CP 104. Fone (64) 3321-2420 E-mail: trs_biologia@hotmail.com; june@fesurv.br; simon@fesurv.br; biocatsantos@hotmail.com; gracielyv@hotmail.com

³ Instituto Federal Goiano - Campus Iporá, Rodovia GO 060, km 01, CEP 76200-000, Iporá, GO. E-mail: relassis@bol.com.br

INTRODUÇÃO

Como grande produtor de aves, o Brasil optou pela adoção de sistemas de produção baseados em confinamento de animais. Segundo o IBGE (2009) o rebanho efetivo de Rio Verde, GO, foi de 13000000 cabeças de frangos, estima-se que cerca de 19500000 t ano⁻¹ de cama-de-frango são geradas na região.

A cama-de-frango é uma mistura de substrato utilizada na forração dos pisos dos galpões, de fezes, de penas e restos de ração. A cama-de-frango é produzida após vários ciclos de produção de aves (frango, chester, peru) e sendo normalmente reutilizada de 4 a 6 vezes (Hahn, 2004). Ainda segundo este autor entre os ciclos de produção das aves é realizada a redução de carga microbiana aplicando-se, geralmente, hidróxido de cal (CaO) ou cal virgem incorporada à cama.

Os substratos mais utilizados na forração dos pisos dos galpões são subprodutos industriais ou restos de culturas agrícolas, como: maravalha; resíduos de beneficiamento industrial da madeira; sabugo de milho triturado; casca de arroz; palhada de culturas em geral; fenos de gramíneas e casca de amendoim (Hahn, 2004).

Em determinados países razões culturais favorecem a aplicação de resíduos ao solo, ao invés de descartá-los nos corpos de água (Cameron et al., 1997); em outros, como no Brasil, há falta de tradição na reciclagem de resíduos gerados (Medeiros et al., 2008), como a cama-de-frango.

O desenvolvimento das explorações avícolas, particularmente no setor de frango de corte, trouxe a possibilidade de aproveitamento da cama-de-frango para outras atividades, como fonte de nutrientes para a agricultura (Menezes et al., 2003).

A elevação do custo dos fertilizantes comerciais, e o aumento da poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa, do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de nutrientes. Esses fatos geram um aumento na demanda por informações com intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas (Santos et al., 2011).

Fioreze & Ceretta (2006) concluíram, avaliando a eficiência de resíduos orgânicos, que a cama-de-frango se mostrou melhor fonte de nutrientes às plantas que a cama-de-suínos. Os autores verificaram que a adubação com cama-de-frango apresentou teores mais elevados de N, P e K de 112, 24 e 87%, respectivamente, em relação à cama-de-suínos. Gianello & Ernani (1983) estudando doses crescentes de cama-de-frango também constataram aumento dos teores de fósforo extraível com o aumento das doses do referido esterco.

Estudos desenvolvidos por Canellas et al. (2003), mostraram que adições de resíduos orgânicos podem resultar no incremento do teor de matéria orgânica, alterando os atributos físicos do solo, como agregação de partículas.

A cama-de-frango é uma boa fonte de nutrientes e quando manejada adequadamente, pode suprir parcial ou totalmente o

fertilizante químico. Além do benefício como fonte de nutrientes, o seu uso adiciona matéria orgânica que melhora os atributos físicos do solo, aumenta a capacidade de retenção de água, reduz a erosão, melhora a aeração e cria um ambiente mais adequado para o desenvolvimento da flora microbiana do solo (Blum et al., 2003).

Os solos tropicais úmidos se caracterizam pelo elevado grau de intemperismo e pelos baixos teores de P na forma disponível às plantas e o elemento está localizado, preferencialmente, nos horizontes superficiais, decrescendo conforme aumenta a profundidade do solo (Rocha et al., 2005). Nesses solos o fósforo é o nutriente mais limitante para a produção agrícola (López-Búcio et al., 2000). Por apresentar baixa mobilidade no solo (Marschner, 2002; Costa et al., 2009), o fósforo é, frequentemente, o fator que restringe o crescimento de plantas (Hinsinger, 2001).

O efeito da cama-de-frango na disponibilidade de P constitui conhecimento básico e pode gerar informação útil para melhor manejo da adubação fosfatada nos solos do cerrado. Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de doses e épocas de incubação de cama-de-frango no desenvolvimento inicial de plantas de milho e disponibilidade de fósforo no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação, na Fesury – Universidade de Rio Verde, no período de novembro/2007 a janeiro/2008, utilizando-se material de solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006).

Os vasos utilizados, com capacidade de oito dm³, continham 8,7 kg de solo. Extraíu-se uma amostra do solo para processamento analítico, cujos resultados apresentam-se na Tabela 1.

O solo foi peneirado para separação de torrões, raízes e palha. Fez-se a calagem com calcário dolomítico, 5,7 g vaso⁻¹, para elevação de saturação de bases para 60%; após a incorporação do calcário o solo foi mantido úmido e incubado durante 15 dias, antes da aplicação dos tratamentos.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 4 + 1, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de doses de cama-de-frango (15,22; 30,44; 60,88; 91,32 e 121,76 g vaso⁻¹, correspondendo a 4; 7; 14; 21 e 28 t ha⁻¹, respectivamente), as épocas de incubação (0, 7, 15 e 30 dias) e mais um adicional (adubação mineral).

A cama-de-frango utilizada foi originada de quatro lotes: 1º lote, criação de fêmea pesada (57 dias); 2º lote, criação de macho pesado (43 dias); 3º lote, criação de chester (55 dias) e 4º lote, criação chester (55 dias). Após a retirada das aves em cada lote, 1º, 2º e 3º, a cama-de-frango foi tratada com óxido de cálcio (400 kg por galpão de 1600 m²) e após a retirada das aves do 4º lote a cama-de-frango foi umedecida e coberta com lona preta para fermentação por 15 dias.

Tabela 1. Atributos químicos e textura do solo anterior à implantação do experimento

pH	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC	P (Mel)	K	MO	Argila	Silte	Areia	V	m
CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³			g kg ⁻¹			%			
5,1	0,42	0,20	0,01	2,6	3,22	0,03	19	8,95	460	70	470	20,58	1,49

Desta cama-de-frango se retirou uma amostra para análise química, onde as características se apresentam na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química da cama-de-frango

N	P	K	Ca	Mg
		kg t ⁻¹		
47,3	13,0	16,9	17,6	4,8

Determinaram-se as doses de cama-de-frango de acordo com a necessidade do solo para P, conforme as exigências nutricionais da cultura do milho, segundo recomendações de Sousa & Lobato (2002). A dose considerada adequada para as necessidades do solo e da planta de milho foi de 244 kg ha⁻¹ de P₂O₅, correspondente à dose de 14 t ha⁻¹ de cama-de-frango.

As doses de cama-de-frango (4, 7, 14, 21 e 28 t ha⁻¹) foram aplicadas no solo 30, 15, 7 e 0 dias antes do plantio, conforme as épocas de incubação do resíduo no solo. O solo foi misturado com as doses de cama-de-frango, em sacos plásticos, acondicionado em recipiente aberto, nas quatro épocas de incubação determinadas, em temperatura ambiente e o solo mantido úmido durante o período de incubação.

Precedendo o plantio do milho realizou-se adubação com 0,29 g vaso⁻¹ de uréia e 0,62 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio em todos os tratamentos e somente no tratamento adicional (adubação mineral) se aplicou também, superfosfato simples, 5,9 g vaso⁻¹, conforme recomendação de Sousa & Lobato (2002).

No plantio do milho (Agromen-30A06), foram semeadas oito sementes e aos sete dias após a germinação realizou-se o desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso.

Realizou-se adubação de cobertura aos dez dias após a germinação, aplicando-se 0,68 g vaso⁻¹ de uréia e 0,22 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio, segundo recomendações de Sousa & Lobato (2002).

Coletaram-se amostras de solo das parcelas, antes do plantio (após as épocas de incubação da cama-de-frango no solo) e aos 45 dias após a semeadura do milho. O solo foi retirado no centro dos vasos com auxílio de uma colher, na profundidade de 0-5 cm e colocado em sacos plásticos etiquetados. Retirou-se, então, de cada vaso, a quantidade de 50 g vaso⁻¹ de solo.

Das amostras de solo foi determinado o teor de P disponível (Mehlich-1), na relação solo-extrator de 1:10, com cinco minutos de agitação e decantação pernoite (EMBRAPA, 1997), determinado por colorimetria (Braga & Defelipo, 1974).

Aos 45 dias após o plantio foram avaliadas as seguintes características: altura das plantas (cm), obtida pela média das plantas por vaso, medida com fita métrica, do colo até a parte apical de cada planta, além da biomassa seca das folhas e colmos (g vaso⁻¹), avaliados após serem lavados, secados em estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 65 °C, até peso constante, e pesados em balança de precisão.

As análises estatísticas para as características avaliadas foram realizadas com o aplicativo software SISVAR (Ferreira, 2000). Quando houve significância para os fatores avaliados, equações de regressão linear e quadrática foram ajustadas. Os gráficos foram elaborados com o uso do aplicativo Sigma Plot, versão 7.0, da Jandel Scientific. Efetuou-se o contraste das médias do fatorial com o tratamento adicional, pelo software GENES (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 se observa os resultados obtidos através do contraste das doses de cama-de-frango com a adubação mineral. Verificou-se que com a aplicação de 21 t ha⁻¹ de cama-de-frango se obtiveram as maiores médias para altura de plantas (ALT) e teores de P no solo após 45 dias do plantio (P-APÓS) e, com a dose de 28 t ha⁻¹ em relação ao tratamento mineral, os maiores teores de P no solo antes do plantio (P-ANTES).

Tabela 3. Comparação dos resultados obtidos com a aplicação de doses de cama de frango e o tratamento adicional (adubação mineral): altura das plantas (ALT), teores de P no solo antes do plantio (P-ANTES) e teores de P no solo após 45 dias do plantio (P-APÓS)

Doses (t ha ⁻¹)	ALT (cm)	P-ANTES (mg dm ⁻³)	P-APÓS (mg dm ⁻³)
4	66,91*	0,65	0,29
7	84,85	1,08	0,84
14	86,54	2,23	1,90*
21	95,11	4,92	8,38
28	89,29	8,70	6,71
Adubação mineral	67,50	4,42	1,56

Médias contendo * não diferem do tratamento adicional (adubação mineral) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett

Esta performance obtida com as doses de cama-de-frango decorreu, provavelmente, do acentuado efeito da matéria orgânica melhorando as propriedades do solo, resultando no maior crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, visto que a maioria dos solos brasileiros apresenta disponibilidade de fósforo baixa, potencializada pela acidez (Durigon et al., 2002).

Concordando, Rodrigues et al. (2009), mencionaram que a matéria orgânica de origem animal ou vegetal exerce, quando fornecida em dose adequada, efeitos positivos sobre o rendimento das culturas devido principalmente ao complexo de nutrientes nela contidos. Fato que leva ao aumento da disponibilidade de nutrientes na fase solúvel do solo para as plantas, o que pode aumentar o potencial produtivo das plantas (Blum et al., 2003).

Em virtude das fontes de P possuírem baixa eficiência em solos tropicais (Santos et al., 2011), a adubação com cama-de-frango mostra-se, para as variáveis altura das plantas, teores de P no solo antes do plantio e teores de P no solo após 45 dias do plantio, capaz de substituir a adubação química fosfatada.

De acordo com Branco et al. (2001) é conhecido o fato de que, em presença de matéria orgânica, os fosfatos insolúveis do solo tendem a tornar-se disponíveis, provavelmente por atividade microbiana saprofítica possibilitada pela existência de alimento orgânico, ou seja: havendo excesso de nutriente orgânico, os microrganismos decompositores recorrem a estratégias particulares para liberação dos fatores que se tornam limitantes, ou seja, o carbono orgânico presente fornece energia necessária à disponibilização do fósforo, permitindo assim, o prosseguimento do ciclo nutricional que, de outra forma, seria interrompido.

Sabe-se, baseado na composição média da célula bacteriana, que uma bactéria necessita de nutrientes básico na proporção

aproximada de C:N:P da ordem de 25:4:1, sendo pois indispensável o P no meio, em proporções bem definidas, para que elas possam processar a matéria orgânica através da atividade decompositora (Branco et al., 2001).

A altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos foram favorecidas pela adição de doses de cama-de-frango ao solo. Os resultados mostram que com a dose de 21 t ha⁻¹ de cama-de-frango foram obtidos os maiores valores de altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos, 93,68 cm e 11,73 g vaso⁻¹ (Tabela 4 e Figura 1A e 1B).

Segundo, Blum et al. (2003) em estudo para avaliarem o efeito de cama aviária e casca de pinus ao solo verificaram que em moranga Exposição e pepino Caipira, valores máximos de número e de biomassa verde das plantas foram atingidos em doses de cama aviária entre 28,0 e 35,7 g kg⁻¹, comprovando que a cama aviária melhorou as condições de fertilidade do

Tabela 4. Equações de regressão relacionando-se a altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos em diferentes doses de cama-de-frango nas diferentes épocas de incubação de cama-de-frango

Épocas de incubação (dias)	Equações de regressão	R ²
Altura das plantas (cm)		
0	$y = 58,5796 + 3,0123x - 0,0647x^2$	0,74**
7	$y = 58,5411 + 3,5018x - 0,0985x^2$	0,60**
15	$y = 61,6555 + 2,1052x - 0,0420x^2$	0,94**
30	$y = 53,1292 + 5,4297x - 0,1369x^2$	0,77**
Biomassa seca de folhas e colmos (g vaso ⁻¹)		
0	$y = 1,5595 + 1,7673x - 0,0563x^2$	0,94**
7	$y = 3,5713 + 0,9320x - 0,0185x^2$	0,99**
15	$y = 0,2515 - 0,9320x + 0,0237x^2$	0,54**
30	$y = 0,2515 + 1,8687x - 0,0439x^2$	0,92**

** Significativo a 1%

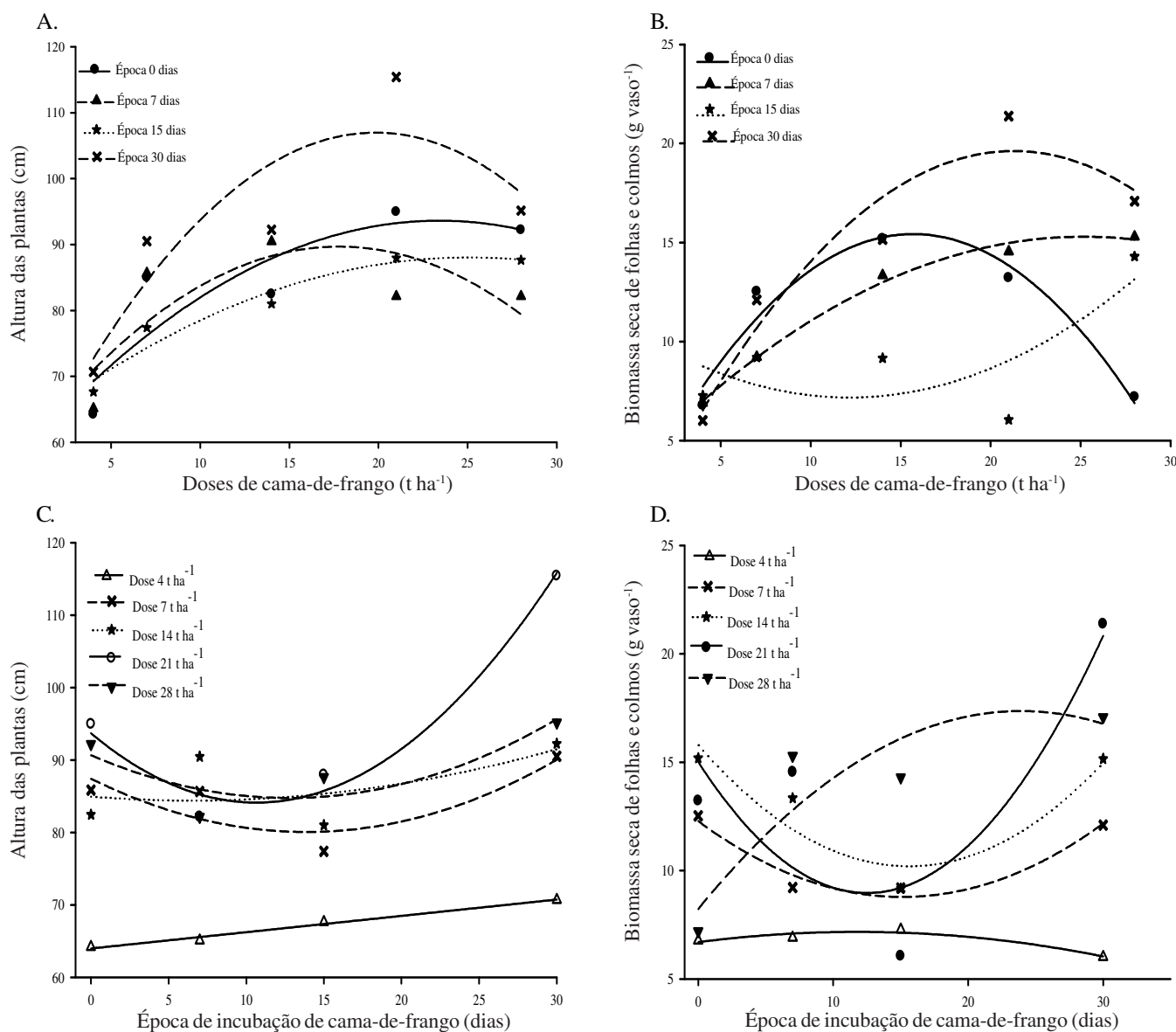


Figura 1. Altura das plantas em diferentes doses de cama-de-frango nas diferentes épocas de incubação (A); biomassa seca de folhas e colmos em diferentes doses de cama-de-frango nas diferentes épocas de incubação (B); altura das plantas de diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama-de-frango (C); biomassa seca de folhas e colmos de diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama-de-frango (D)

solo. Coerentes com os resultados, Rodrigues et al. (2009), avaliando doses de composto orgânico (0, 80 e 160 t ha⁻¹) em diferentes solos observou com a dose de 80 t ha⁻¹ de composto orgânico acréscimo de 100% na biomassa seca da parte aérea do milho, quando comparado com as testemunhas (0 t ha⁻¹).

Esse aumento na altura das plantas e produção de biomassa seca ocorre, possivelmente, em virtude do papel do fósforo na síntese de proteínas, que por sua vez, reflete no maior crescimento da planta (David et al., 2008).

Por outro lado, os tratamentos com doses mais elevadas de cama-de-frango, 28 t ha⁻¹, foram afetados, sendo os efeitos representados por modelos quadráticos negativos, com exceção da época 15 dias de incubação de cama-de-frango para a variável biomassa seca de folhas e colmos (Tabela 4 e Figura 1 A e B).

Estes resultados indicam que outros fatores interferiram na resposta da planta à adubação com cama-de-frango, como a interação com outros nutrientes, pois se sabe que doses muito altas de adubos desbalanceiam as relações entre nutrientes e salinizam o solo (Rodrigues & Casali, 1999), deixando o P indisponível para as plantas.

Conforme Oliveira et al. (2009), elevados teores de esterco podem proporcionar desbalanço nutricional no solo e, em consequência, redução no desenvolvimento e produção final da cultura.

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) para altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos em diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama-de-frango (Tabela 5 e Figura 1C e 1D).

Tabela 5. Equações de regressão relacionando-se a altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos em diferentes épocas de incubação de cama-de-frango nas diferentes doses de cama-de-frango

Doses de cama-de-frango (t ha ⁻¹)	Equações de regressão	R ²
Altura das plantas (cm)		
4	$y = 63,9889 + 0,2249x$	0,98**
7	$y = 87,4002 - 1,0592x + 0,0382x^2$	0,72**
14	$y = 84,9361 - 0,1663x + 0,0128x^2$	0,34**
21	$y = 93,6842 - 1,7966x + 0,0844x^2$	0,77**
28	$y = 90,6493 - 0,9275x + 0,0364x^2$	0,74**
Biomassa seca de folhas e colmos (g vaso ⁻¹)		
4	$y = 6,6964 + 0,0805x - 0,0034x^2$	0,98**
7	$y = 12,2828 - 0,4629x + 0,0153x^2$	0,72**
14	$y = 15,7793 - 0,7167x + 0,0230x^2$	0,85**
21	$y = 15,0188 - 0,9686x + 0,0387x^2$	0,72**
28	$y = 8,2226 + 0,7639x - 0,0160x^2$	0,81**

** significativo a 1%

Conforme as equações de regressão os modelos aos quais os dados se ajustaram melhor foi o quadrático, com exceção da dose de 4 t ha⁻¹, de cama-de-frango para a variável altura das plantas, apresentando efeito linear, cujo coeficiente de determinação explica o efeito das épocas de incubação de cama-de-frango sobre as variáveis analisadas. Para altura das plantas, 0,98, 0,72, 0,34, 0,77, 0,74%, respectivamente, para as doses 4, 7, 14, 21 e 28 t ha⁻¹ e biomassa seca de folhas e colmos, 0,98, 0,72, 0,85, 0,72 e 0,81%, respectivamente, para as doses crescentes utilizadas (Tabela 5).

Nota-se que aos 30 dias de incubação de cama-de-frango obtém-se uma resposta maior para altura das plantas, 70,72, 90,01, 91,47, 115,75 e 95,58 cm, respectivamente, para as doses 4, 7, 14, 21 e 28 t ha⁻¹ e para biomassa seca de folhas e colmos, 6,04, 12,18, 14,97, 20,79 e 16,73 g vaso⁻¹, respectivamente, para as doses 4, 7, 14, 21 e 28 t ha⁻¹.

A resposta aos resultados encontrados pode estar relacionado ao fato de que variações na concentração de nutrientes disponíveis nos solos estão relacionados com a taxa de mineralização dos resíduos no solo (Dunya et al., 2006).

A eficiência dos resíduos orgânicos como fonte de P pode ser diferente da dos adubos fosfatados solúveis, pois parte do P total contido nesses resíduos ocorre em formas sólidas, minerais ou orgânicas, que não se solubilizam ou mineralizam durante o período de absorção pelas plantas (Gunary, 1968; Fordhan & Schwertmann, 1977).

Analisando-se os teores de P no solo antes do plantio, Tabela 6 e Figura 2A é possível verificar uma relação com altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos aos 30 dias de incubação de cama-de-frango. Os maiores teores de P no solo foram disponibilizados às plantas em épocas maiores de incubação de cama-de-frango.

Tabela 6. Equações de regressão relacionando-se aos teores de P no solo antes do plantio e aos teores de P no solo 45 dias após o plantio em diferentes doses de cama-de-frango nas diferentes épocas de incubação de cama-de-frango

Épocas de incubação (dias)	Equações de regressão	R ²
P no solo antes do plantio (mg dm ⁻³)		
0	$y = -1,6711 + 0,5502x - 0,0104x^2$	0,85**
7	$y = -0,8752 + 0,3730x - 0,0062x^2$	0,91**
15	$y = 3,7341 - 0,7811x + 0,0404x^2$	0,97**
30	$y = 1,7889 + 0,3512x + 0,0242x^2$	0,98**
P no solo 45 dias após o plantio (mg dm ⁻³)		
0	$y = -13,6267 + 2,9552x - 0,0810x^2$	0,39**
7	$y = 3,9188 - 0,8420x + 0,0397x^2$	0,91**
15	$y = -1,0568 + 0,2626x$	0,97**
30	$y = 1,3155 - 0,2442x + 0,0157x^2$	0,96**

** significativo a 1%

O fósforo incluso em compostos orgânicos não é imediatamente aproveitável pelas plantas, podendo limitar a produção das culturas (Diniz et al., 2008). Entretanto, Kaila (1949) afirma que parte deste fósforo poderá ser mineralizada durante o período de cultivo e, assim, ficar disponível às plantas, uma vez que segundo Gatiboni et al. (2008), a biomassa microbiana não tem capacidade de imobilizar grandes quantidades de P, não tendo assim, interferência sobre a disponibilidade de P.

Pode-se observar na Tabela 6 e Figura 2A e 2B os modelos de regressão ajustáveis aos teores de P no solo antes e após 45 dias do plantio em diferentes doses de cama-de-frango nas diferentes épocas de incubação de cama-de-frango. Os maiores teores de P foram obtidos, com 30 dias de incubação de cama-de-frango, nas maiores doses de cama-de-frango, 21 e 28 t ha⁻¹, 4,36 e 11,71 mg dm⁻³, respectivamente, para teores de P antes do plantio e em 21 e 28 t ha⁻¹, 2,43 e 7,09 mg dm⁻³, respectivamente, para teores de P após 45 dias do plantio.

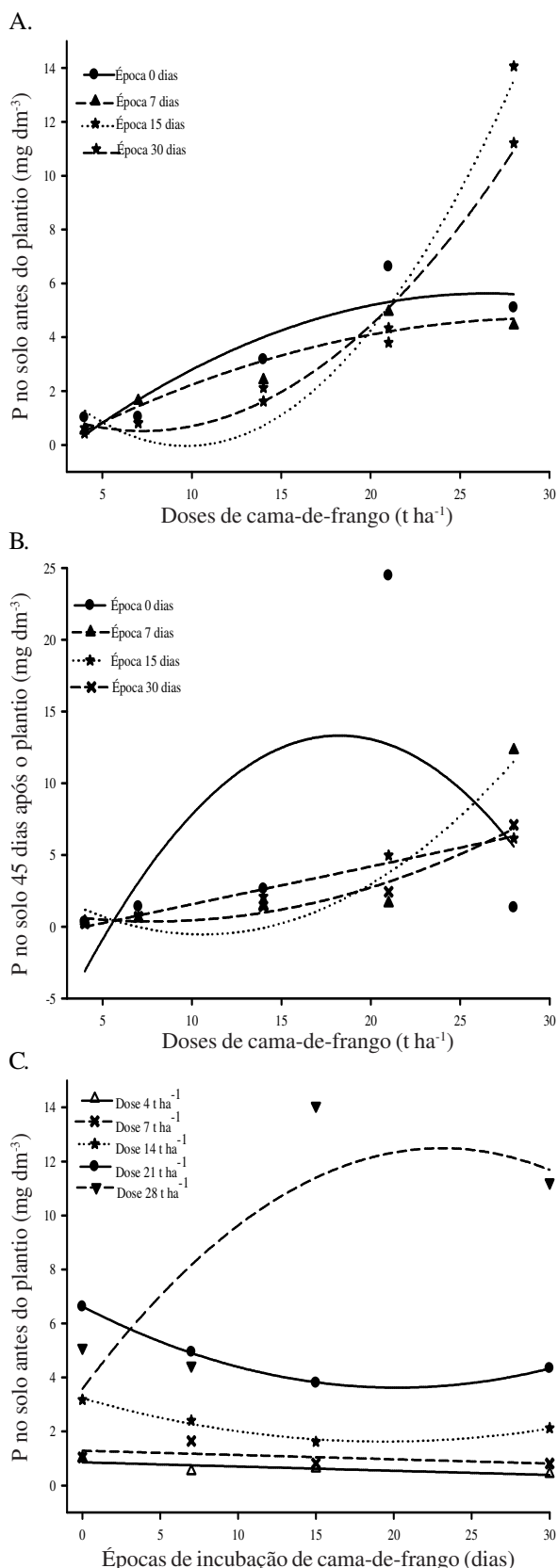


Figura 2. P no solo antes do plantio em diferentes doses de cama-de-frango nas diferentes épocas de incubação (A); P no solo 45 dias após o plantio em diferentes doses de cama-de-frango nas diferentes épocas de incubação (B); P no solo antes do plantio em diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama-de-frango (C)

Esses valores se comparados ao teor de P inicial do solo (0,03 mg dm⁻³) mostram um reflexo positivo da adubação com cama-de-frango, já que esta se apresentou com alto teor de P encontrado na análise química. O teor de P é um dos atributos químicos de solos ácidos influenciado positivamente pela aplicação de resíduos (Abreu Júnior et al., 2005), como a cama-de-frango.

Bolan et al. (1994), concordam que os ácidos orgânicos aumentam a disponibilidade de fósforo nos solos principalmente através da redução da adsorção e aumento na solubilização dos compostos de fósforo. De acordo com as observações de Branco et al. (2001) há a necessidade da presença de ácidos orgânicos ou de um baixo pH no solo, para que seja possível reduzir a fixação do fósforo pelas partículas de solo, aumentando a disponibilidade deste elemento.

Analisando os teores de P no solo antes do plantio e teores de P no solo após 45 dias do plantio em diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama de frango (Tabelas 7 e 8 e Figura 2C) nota-se que, os teores de P tenderam a aumentar com as épocas de incubação.

Tabela 7. Equações de regressão relacionando-se aos teores de P no solo antes do plantio em diferentes épocas de incubação de cama-de-frango nas diferentes doses de cama-de-frango

Doses de cama-de-frango (t ha ⁻¹)	Equações de regressão		R ²
	P no solo antes do plantio (mg dm ⁻³)		
4	y = 0,8575-0,0156x		0,62**
7	y = 1,2856-0,0159x		0,27**
14	y = 3,2253-0,1651x+0,0043x ²		0,97**
21	y = 6,6294-0,2976x+0,0074x ²		0,99**
28	y = 3,5771+0,7726x-0,0167x ²		0,64**

** significativo a 1%

Tabela 8. Média dos teores de P no solo 45 dias após o plantio em diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama-de-frango

Doses de cama-de-frango (t ha ⁻¹)	Épocas de incubação de cama-de-frango			
	0	7	15	30
	mg dm ⁻³			
4	0,3350	0,3800	0,1950	0,2575
7	1,3975	0,5850	0,7250	0,6900
14	2,6350	1,4450	2,1025	1,4350
21	24,4600	1,6550	4,9725	2,4375
28	1,3300	12,3000	6,1550	7,0925

Corroborando com o resultado do presente estudo, Canellas et al. (2003) perceberam que alterações químicas e melhoria na fertilidade e qualidade da matéria orgânica no solo com a adição de matéria orgânica na lavoura de cana-de-açúcar, por longo prazo.

Segundo Brady (1989) embora certa fração da matéria orgânica dos esterco seja decomposta e liberada em curto período após sua aplicação, outra fração é transformada em húmus, que é mais estável; sob esta forma, os elementos são liberados lentamente. Assim, os componentes do esterco, convertidos em húmus, exercerão influência nos solos, de maneira persistente e duradoura.

Verificou-se maiores teores de P na dose de 21 t ha⁻¹ com 0 dias de incubação de cama-de-frango (24,46 mg dm⁻³) na média dos teores de P no solo 45 dias após o plantio em diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama-de-frango (Tabela 8).

Galdos et al. (2004) também observou aumento na disponibilidade de P com a adição de lodo de esgoto imediatamente após sua aplicação e rápida redução da disponibilidade de P pela interação do nutriente com componentes dos solos tropicais.

Resultados semelhantes foram encontrados por Maguire et al. (2000) que constataram em solos agrícolas que receberam aplicações de bio-sólido aumento nos teores de P disponível, mas também aumento significativo nos teores de P ligado ao Fe e apresentou uma forte tendência de aumento na fração ligada aos óxidos de Al.

A matéria orgânica e a atividade microbiana no solo, incrementadas pelo resíduo orgânico, podem ter propiciado condições para a solubilização do P e aumento na sua disponibilidade para as plantas (Araújo et al., 2008), também nas maiores épocas de incubação de cama-de-frango, 30 dias de incubação, neste presente estudo.

Na quantidade máxima de cama-de-frango utilizada neste estudo (28 t ha⁻¹) os teores de P no solo 45 dias após o plantio em diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama-de-frango, 1,33, 12,30, 6,15, 7,09 mg dm⁻³, respectivamente para 0, 7, 15 e 30 dias de incubação de cama-de-frango, estavam adequados para o desenvolvimento das plantas de milho (6,56 mg dm⁻³), segundo a interpretação de análise de solo de Sousa & Lobato (2002), com exceção dos teores de P no solo com 0 dias de incubação (Tabela 8).

Com base nesses resultados, a cama-de-frango mostrou-se, com a dose de 28 t ha⁻¹, promissora para fornecimento de P ao solo, mas limitante para o desenvolvimento das plantas, conforme observado neste estudo (Tabela 4 e Figura 1).

CONCLUSÕES

1. As doses de cama-de-frango são superiores às do tratamento mineral, em todas as características avaliadas.

2. Com a dose de 21 t ha⁻¹ de cama-de-frango e 30 dias de incubação no solo, obtém-se as maiores alturas das plantas, maiores produções de biomassa seca de folhas e colmos e maiores teores de P no solo antes e após 45 dias do plantio das plantas de milho.

LITERATURA CITADA

Abreu Júnior, C. H.; Oliveira, F. C.; Silva, F. C.; Berton, R. S. Uso de resíduos orgânicos no pomar. Tópicos em Ciência do Solo, v.4, p.391-470, 2005.

Araújo, F. F.; Tiritan, C. S.; Pereira, H. M.; Caetano Júnior, O. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.507-511, 2008.

Brady, N. C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 879p.

Blum, L. E. B.; Amarante, C. V. T.; Güttler, G.; Macedo, A. F.; Kothe, D. M.; Simmler, A. O.; Prado, G.; Guimarães, L. S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. Horticultura Brasileira, v.21, p.627-631, 2003.

Bolan, N. A. S.; Naidu, R.; Mahimairajara, S.; Baskaran, S. Influence of low-molecular-weight organic acids on the solubilization of phosphates. Biol Fertil Soils, v.18, p.311-319, 1994.

Braga, J. M.; Defelipo, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. Revista Ceres, v.113, p.73-85, 1974.

Branco, S. M.; Murgel, P. H.; Cavinatto, V. M. Compostagem: Solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.6, p.115-122, 2001.

Cameron, K. C.; Di, H. J.; McLaren, R. G. Is soil an appropriate dumping ground for our wastes. Australian Journal of Soil Research, v.35, p.995-1035, 1997.

Canellas, L. P.; Velloso, A. C. X.; Marciano, C. R.; Ramalho, J. F. G. P.; Rumjanek, V. M.; Rezende, C. E.; Santos, G. A. 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, v.27, p.935-944, 2003.

Costa, J. P. V.; Bastos, A. L.; Reis, L. S.; Martins, G. O.; Santos, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. Revista Caatinga, v.22, p.229-235, 2009.

Cruz, C. D. Programa GENES: Aplicativo com potencial em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

David, M. A.; Mendonça, V.; Reis, L. L.; Silva, E. A.; Tosta, M. S.; Freire, P. A. Efeito de doses de superfosfato simples e de matéria orgânica sobre o crescimento de mudas de maracujazeiro 'amarelo'. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.38, p.147-152, 2008.

Diniz, E. R.; Santos, R. H. S.; Urquiaga, S. S.; Peternelli, L. A.; Barreira, T. P.; Freitas, G. B. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. Ciência e Agrotecnologia, v.32, p.1428-1434, 2008.

Durigon, R.; Ceretta, C. A.; Basso, C. J.; Barcellos, L. A. R.; Pavinato, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.983-992, 2002.

Dynia, J. F.; Souza, M. D.; Boeira, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.855-862, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.

- Ferreira, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000. São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.
- Fioreze, C.; Ceretta, C. A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. *Ciência Rural*, v.36, p.1788-1793, 2006.
- Fordhan, A. W.; Schwertmann, U. Composition and reaction of liquid manure (gülle), with particular reference to phosphate – II: Solid phase components. *Journal of Environmental Quality*, v.6, p.101-109, 1977.
- Galdos, M. V.; Maria, I. C.; Camargo, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.569-577, 2004.
- Gatiboni, L. C.; Kaminski, J.; Rheinheimer, D. S.; Brunetto, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1085-1091, 2008.
- Gianello, C.; Ernani, P. R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frango, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.7, p.285-290, 1983.
- Gunary, D. The availability of phosphate in sheep dung. *Journal of Agricultural Science*, v.70, p.33-38, 1968.
- Hahn, L. Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas. Florianópolis: UFSC, 2004, 120p. Dissertação Mestrado
- Hinsinger, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. *Plant and Soil*, v.237, p.173-195, 2001.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. 2009. Rebanho efetivo de frangos. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Mar. 2010.
- Kaila, A. Biological absorption of phosphorus. *Soil Science*, v.68, p.279-289, 1949.
- López-Bucio, J.; Vega, O. M. I.; Guevara-García, A.; Herrera-Estrella L. Enhanced phosphorus uptake in transgenic tobacco plants that overproduce citrate. *Nature Biotechnology*, v.18, p.450-453, 2000.
- Maguire, R. O.; Sims, J. T.; Coale, F. J. Phosphorus fractionation in biosolids – amended soils: relationship to soluble and desorbable phosphorus. *Soil Science Society of American Journal*, v.64, p.2018-2024, 2000.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 2002. 889p.
- Medeiros, S. S.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C. L.; Souza, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo nutricional do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.109-115, 2008.
- Menezes, J. F. S.; Alvarenga, R. C.; Andrade, C. L. T.; Konzen, E. A.; Pimenta, F. F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema plantio direto e avaliação do impacto ambiental. *Revista Plantio Direto*, v.1, p.30-35, 2003.
- Oliveira, F. de A.; Oliveira Filho, A. F.; Medeiros, J. F. de; Almeida Júnior, A. B.; Linhares, P. C. F. Desenvolvimento inicial da mamoeira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. *Revista Caatinga*, v.22, p.206-211, 2009.
- Rocha, A. T.; Duda, G. P.; Nascimento, C. W. A.; Ribeiro, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.178-184, 2005.
- Rodrigues, E. T.; Casali, V. W. D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, v.17, p.125-128, 1999.
- Rodrigues, P. N. F.; Rolim, M. M.; Bezerra Neto, E.; Pedrosa, E. M. R.; Oliveira, V. S. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.94-99, 2009.
- Santos, D. H.; Silva, M. A.; Tiritan, C. S.; Foloni, J. S. S.; Echer, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.443-449, 2011.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416p.