



Desenvolvimento inicial da cultura do milho (*zea mays* L.) e teor de carbono do solo sob aplicação de diferentes tipos e doses de resíduos orgânicos

Initial development of the corn crop (*zea mays* L.) and soil carbon content under application of different types and doses of organic waste

Andrea dos Santos Gonçalves¹, Jefferson Matheus Barros Ozório¹, Paulo Guilherme da Silva Farias¹, Camila Beatriz da Silva Souza¹, Augustinho Borsoli², Jean Sérgio Rosset¹

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial do milho submetido à aplicação de diferentes fontes e doses de resíduos orgânicos, bem como quantificar os teores de carbono orgânico total (COT) do solo. O experimento foi conduzido em vasos, utilizando delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 4×5 , com quatro repetições. Foram testadas quatro fontes de resíduos: esterco bovino (EB), cama de frango (CF), lodo de esgoto (LE) e compost barn (CB), nas doses de 0, 4, 8, 12 e 16 Mg ha⁻¹. Aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS), avaliaram-se altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF). Aos 60 DAS, determinaram-se comprimento (CR) e volume de raízes (VR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (MST), produtividade estimada por hectare (MS) e os teores de COT do solo. Para AP, DC e NF, as fontes EB e CB promoveram incrementos lineares com o aumento das doses, enquanto CF e LE apresentaram respostas quadráticas. A cama de frango destacou-se por proporcionar os melhores resultados nas variáveis pós-colheita, com a dose de 16 Mg ha⁻¹ resultando em maiores CR, MSPA e MS, e 8 Mg ha⁻¹ em maiores VR, MSR e MST. O EB elevou os teores de COT. Conclui-se que a CF favorece o maior desenvolvimento inicial do milho.

Palavras-chave: Fertilização, Parâmetros morfobiométricos, Sistema de manejo.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the initial development of maize subjected to different sources and doses of organic residues, as well as to quantify the soil total organic carbon (TOC). The experiment was carried out in pots using a randomized block design in a 4×5 factorial scheme with four replications. Four organic residues were tested: cattle manure (CM), chicken litter (CL), sewage sludge (SS), and compost barn (CB), applied at doses of 0, 4, 8, 12, and 16 Mg ha⁻¹. Plant height (PH), stem diameter (SD), and number of leaves (NL) were assessed at 15, 30, 45, and 60 days after sowing (DAS). At 60 DAS, root length (RL), root volume (RV), shoot dry mass (SDM), root dry mass (RDM), total dry mass (TDM), and dry mass per hectare (DM) were determined, along with soil TOC content. For PH, SD, and NL, CM and CB promoted linear increases with rising doses, whereas CL and SS showed quadratic responses. Chicken litter resulted in the best post-harvest performance, with the 16 Mg ha⁻¹ dose producing the greatest RL, SDM, and DM, and the 8 Mg ha⁻¹ dose yielding the highest RV, RDM, and TDM. CM application increased soil TOC. Overall, CL promoted the greatest early development of maize plants.

Keywords: Fertilization, Morphobiometric parameters, Management system.

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul;

² Fundação Assis Gurgacz.

Autor correspondente: ozorio.jmb@outlook.com

Recebido em: 26/01/2024. Aceito em: 30/03/2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família das Poaceas (antiga família das gramíneas). É uma espécie anual, com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente. Para expressão de seu máximo potencial produtivo, a cultura requer temperaturas altas, ao redor de 24°C a 30°C, radiação solar elevada e adequada disponibilidade hídrica do solo (NUNES, 2016; GONCALVES *et al.*, 2023). O milho é um dos cereais de maior importância no Brasil e com alta demanda de fertilizantes, à produção brasileira de milho deverá totalizar 88,955 milhões de toneladas na temporada 2017/2018, com retração de 17,56% sobre a safra anterior (CANAL RURAL, 2018; CONAB, 2018; SANCHEZ *et al.*, 2014).

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 e aproveitamento gradual deles, principalmente em regiões com disponibilidade facilitada de obtenção destes resíduos. 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 e culturas agrícolas (SANTOS *et al.*, 2011). Esse aproveitamento é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (MENEZES; SALCEDO, 2007; SOUZA *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2024).

Dentre os resíduos orgânicos com potencial de utilização nas culturas comerciais, o esterco bovino e cama de frango são resíduos bastante empregados na agricultura por causa da riqueza deles em carbono e nutrientes, bem como seus efeitos benéficos nos atributos edáficos. Em algumas situações, entretanto, a eficiência desses como fonte de nutrientes é baixa em razão do manejo inadequado (coleta, armazenagem e formas de aplicação) e da ausência de critérios técnicos para subsidiar o estabelecimento das doses (PITTA *et al.*, 2012). Desta forma, trabalhos que visem a identificação das doses para cada espécie vegetal se tornam de grande importância.

O lodo de esgoto é um resíduo rico em matéria orgânica, obtido ao final do processo de tratamento de águas servidas à população. A destinação adequada deste resíduo é necessária, devido aos problemas ambientais que podem ser ocasionados, principalmente com a contaminação do solo e da água. A deposição em aterros sanitários é uma destinação tida como segura, mas o alto custo da manutenção, que nem sempre é realizada adequadamente, pode não resolver problemas de contaminação do solo, ar e água (QUINTANA *et al.*, 2012).

A aplicação de lodo de esgoto em cultivos agrícolas e também em áreas degradadas que precisam ser recuperadas tem sido o objeto de vários estudos (CALDEIRA JUNIOR *et al.*, 2009; LOBO *et al.*, 2013; BITTENCOURT *et al.*, 2014; ROMEIRO *et al.*, 2014; FIJALKOWSKI *et al.*, 2017; GROBELAK *et al.*, 2017; FARIA *et al.*, 2018). De modo geral, os resultados têm sido positivos, destacando que o lodo fornece nutrientes e promove bom crescimento às plantas além de propiciar benefícios às propriedades edáficas (BONINI *et al.*, 2015) como aumento de carbono e recuperação de áreas degradadas (GROBELAK *et al.*, 2017). O lodo é um condicionador do solo, que facilita a formação de agregados e, consequentemente, melhora a aeração, a infiltração e a retenção de água no solo, além de

fornecer compostos orgânicos e nutrientes necessários para o desenvolvimento dos cultivos (BONINI; ALVES, 2011; BASTOS et al., 2024).

Outro resíduo que vem ganhando destaque no Brasil é o Compost Barn. O Compost Barn foi criado por produtores de leite norte-americanos, em meados da década de 80, mas apenas em 2001 começou ganhar adeptos em maior escala, porém no Brasil o sistema ainda está surgindo e existem poucos materiais a respeito do assunto. O Compost Barn consiste em uma grande área coberta de descanso para vacas leiteiras, geralmente revestidas com uma cama de serragem, aparas de madeira e esterco compostado, e seu princípio básico de funcionamento são a compostagem desta cama (BRIGATTI, 2015). Porém, poucos são os resultados na literatura científica em nível de Brasil a respeito do potencial de utilização deste resíduo na adubação de diferentes espécies de plantas.

Diante de poucas informações a respeito da utilização de alguns resíduos orgânicos em cultivos comerciais na literatura nacional, aliado a grande disponibilidade destes resíduos em algumas regiões brasileiras, estudos visando à avaliação do desenvolvimento de plantas comerciais, além da possibilidade de contribuição com adição de carbono ao solo de diferentes fontes e doses de resíduos, se tornam essenciais para avaliação do potencial de utilização destes resíduos na agricultura, diminuindo o impacto ambiental do descarte dos mesmos. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial da cultura do milho submetida à aplicação de diferentes fontes e doses de resíduos orgânicos, além de quantificar os teores de carbono orgânico total remanescente do solo ao final do experimento.

2. MATERIAL E METÓDOS

2.1 CLIMA, LOCALIZAÇÃO E CARACTERISTICA DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em vasos, sob casa de vegetação localizada Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Mundo Novo. O local do experimento se encontra localizado entre as coordenadas 23°55'23" Sul e 54°17'13" Oeste, com altitude média de 320 metros. O clima da região é subtropical, segundo a classificação de Koppen, com período de chuvas de outubro a março. A temperatura média do mês mais frio está entre 14 e 15°C. Há ocorrência de geadas. As precipitações variam de 1.400 a 1.700 mm anuais. O município apresenta a maior porcentagem de solos classificados como Argissolos Vermelho-escuro de textura arenosa/média e média/argilosa (SEMADE, 2015).

Foi avaliado o desenvolvimento inicial da cultura do milho (*Zea mays* L.) com a utilização de diferentes fontes e doses de resíduos orgânicos. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 8 dm³, em delineamento inteiramente casualizados no esquema fatorial 4 x 5 (quatro fontes de resíduos orgânicos e cinco doses de aplicação de cada resíduo) com 1 tratamento adicional (controle, sem aplicação de resíduos) com quatro repetições (cada vaso constituiu em uma unidade experimental). Os quatro tipos de resíduos orgânicos (Fator 1) foram: esterco bovino, cama de frango, lodo de esgoto e compost barn, sendo aplicados nas doses (Fator 2): 4, 8, 12 e 16 Mg ha⁻¹.

Para caracterização dos resíduos orgânicos (esterco bovino, cama de frango, lodo de esgoto e compost barn), foram realizadas análises de macro e micronutrientes dos diferentes resíduos, os resultados são observados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química dos resíduos utilizados no experimento

Determinações	Base seca (65°C)			
	Compost Barn	Esterco Bovino	Cama de Frango	Lodo de Esgoto
MO. total (combustão)	41,23%	59,23%	49,67%	67,94%
Carbono Orgânico	20,97%	31,44%	25,27%	32,91%
Resíduo Mineral Total	58,31%	39,21%	47,78%	30,35%
Resíduo Mineral	30,65%	19,52%	45,10%	16,54%
Resíduo Mineral Insolúvel	27,66%	19,69%	2,68%	13,81%
Nitrogênio Total	1,61%	2,24%	2,71%	3,80%
Fósforo (P ₂ O ₅) Total	1,43%	1,25%	7,19%	2,70%
Potássio (K ₂ O) Total	1,80%	3,59%	4,11%	0,11%
Calcio (Ca) Total	1,20%	0,95%	11,08%	2,27%
Magnésio (Mg) Total	0,42%	0,46 %	1,66%	0,28%
Enxofre (S) Total	0,27%	0,46%	0,90%	0,82%
Cobre (Cu) Total	112mg/kg	34 mg/kg	104 mg/kg	263 mg/kg
Manganês (Mn) Total	822 mg/kg	511 mg/kg	1099 mg/kg	653 mg/kg
Zinco (Zn) Total	268 mg/kg	115 mg/kg	1058 mg/kg	980 mg/kg
Ferro (Fe) Total	63319 mg/kg	27543 mg/kg	4014 mg/kg	15556 mg/kg
Boro (B) Total	11 mg/kg	9 mg/kg	23 mg/kg	7 mg/kg
Sódio (Na) Total	2247 mg/kg	6986 mg/kg	11896 mg/kg	863 mg/kg

Métodos: Carbono Orgânico (CO) oxidação dicromato seguido de titulação; Nitrogênio total digestão sulfúrica (Kjeldahl); Fósforo (P₂O₅) determinação por espectrofotômetro pelo método com a solução de vanadomolibdica; Potássio (K₂O) e Sódio (Na) fotometria de chama; Enxofre (S) gravimétrico de sulfato de bário; Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (ZN), Ferro (Fe) extração com HCl por espectrofotômetro de absorção atômica; Boro (B) espectrofotometria da azometina-H; Relação C/N cálculo (Ref.: BRASIL, 2014. Manual de Métodos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos e Corretivos. MAPA). Matéria Orgânica Total, Resíduo Mineral Insolúvel (RMI), Resíduo Mineral (RM) e Resíduo Mineral Total (RMT) por combustão em Mufla (Ref.: ALCARDE, José Carlos. Manual de Análise de Fertilizantes - Piracicaba: FEALQ, 2009.).

O solo utilizado no experimento consistiu na camada de 0-0,2 m de um Argissolo Vermelho Amarelo de textura média, com granulometria de 780, 81 e 139 g kg⁻¹ de área, silte e argila, respectivamente (SANTOS *et al.*, 2013). Foi realizada análise do solo coletado e, realizada a necessidade de correção, a correção foi efetuada com aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 90% 30 dias antes da semeadura do milho, mantendo-se o solo úmido na capacidade de campo para proporcionar a reação do calcário. O resultado das análises química são apresentados na Tabela 2.

Tendo em vista a saturação por bases de 63,5%, para que a saturação por bases atingisse 70%, foi necessária à aplicação de calcário dolomítico, em quantidade que representou 0,537 g de calcário por vaso. Para tanto, a pesagem do calcário foi realizada em laboratório, sendo o calcário armazenado em eppendorfs para posterior aplicação nos vasos. A aplicação do calcário foi realizada com os vasos já preenchidos, tendo-se o

cuidado de irrigar o solo dos vasos para início do processo de correção química do solo através do calcário. No dia 15/03/2019 foram semeadas 15 sementes de milho por vaso, sendo que no dia 19/03/2019 as plântulas emergiram, sendo posteriormente desbastadas, deixando-se duas plântulas por vaso. Após o período de três dias houve outro desbaste deixando apenas uma plântula por vaso, a irrigação foi ministrada de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 2. Análise química do solo a ser utilizado no experimento.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----%-----			
4,97	3,83	0,99	0,02	0,7	0,5	0,05	0,7	1,22	1,92	63,5	3,9

MÉTODO EMBRAPA; EXTRAÇÃO: Cloreto de Cálcio (pH); Mehlich (P, K, Na, Fe, Cu, Zn, Mn); KCl 1N (Ca, Mg e Al); Acetato de Cálcio pH 7,0 (H + Al); P - Resina (Método IAC). MO: dicromato de potássio; Granulometria (densímetro).

Aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS) foram avaliados os seguintes parâmetros morfológicos da cultura: altura de plantas, número de folhas e diâmetro basal do caule. Aos 60 DAS, além da verificação dos parâmetros morfológicos, as plantas foram colhidas, sendo cortadas rente ao solo, com a parte aérea separada sendo posteriormente inseridas em sacos de papel tipo “Kraft”, com posterior lavagem do solo do vaso para a retirada do sistema radicular, para avaliações de comprimento e volume de raízes.

Após esse procedimento de lavagem e medições do sistema radicular, o sistema radicular também foi colocado em sacos tipo Kraft, da mesma forma que a parte aérea e levados a estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas ou até massa constante, para avaliações de massa seca de parte aérea e raiz, com posteriores cálculos de massa seca total e massa seca total por hectare.

Antes da retirada das plantas dos vasos, aos 60 DAS, também foi coletada amostra de solo composta (formada por duas amostras simples) dos 10 cm superficiais de cada vaso para análise em laboratório do teor de carbono orgânico total (COT) de acordo com a metodologia adaptada de Yeomans e Bremner (1988).

Após todas as análises realizadas, os dados foram tabulados e com o auxílio do programa estatístico R Core Team (2021) submetidos à análise de variância, havendo significância para os fatores fontes de resíduos e doses de cada resíduo, foi realizado análise de regressão, onde o tratamento controle, sem aplicação foi utilizado como dose 0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas interações obtidas pela análise de variância dos parâmetros morfológicos do milho: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raiz, volume de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, massa seca em kg ha⁻¹, carbono orgânico total (COT), pode-se constatar que os parâmetros analisados foram significativamente alterados pelo uso das doses dos diferentes tipos de adubos (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância de altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raiz, volume de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, massa seca em kg ha⁻¹, carbono orgânico total (COT).

Fatores	Quadrado médio da análise de variância (DAS)												
	GL	Altura (cm)				Diâmetro (mm)				Nº de folhas			
		15 DAS	30 DAS	45 DAS	60 DAS	15 DAS	30 DAS	45 DAS	60 DAS	15 DAS	30 DAS	45 DAS	60 DAS
D. Resíduos	3	120,85*	1451,83*	2582,56*	6633,23*	43,91*	2170,61*	118,95*	108,64*	4,64*	22,01*	8,56*	7,06*
Doses	3	30,39*	123,68*	455,15*	449,77*	5,19*	52,66*	42,10*	29,09*	1,76*	5,68*	0,68 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Resíduos*doses	9	10,57*	13,07*	120,60*	230,08*	0,72 ^{ns}	6,67*	10,77*	6,48*	0,23 ^{ns}	0,82*	1,40*	0,99 ^{ns}
Controle vs Fatorial	1	47,02*	541,90*	2971,32*	11990,64*	16,09*	113,33*	205,82*	231,47*	3,19*	13,45*	57,44*	39,00*
Resíduos	51	1,62	4,57	17,80	17,25	0,43	0,48	1,00	0,70	0,22	0,38	0,36	0,56
CV%	-	8,22	6,70	3,22	1,96	20,92	11,56	9,60	9,05	29,05	18,18	14,25	11,76

Fatores	ANOVA (DAS)							
	GL	Comprimento de raiz (cm)	Volume de raiz (cm ³)	Massa seca da parte aérea (g)	Massa seca da raiz (g)	Massa seca total (g)	Massa seca (kg ha ⁻¹)	COT (g kg ⁻¹)
D. Resíduos	3	227,93*	26411,45*	2687,20*	583,06*	5559,60*	169984195.70*	1570,58*
Doses	3	16,71 ^{ns}	16432,29*	245,75*	189,40*	850,56*	15545575.11*	389,70*
Resíduos*doses	9	124,82*	2465,97*	81,18*	86,83*	162,18*	5135594.95*	38,56*
Controle vs Fatorial	1	685,00*	21888,23*	1161,62*	559,90*	3334,48*	73480692.63*	1048,36*
Resíduos	51	11,06	130,39	14,49	12,72	24,79	916606.13	2,82
CV%	-	2,81	1,42	5,33	5,96	3,08	0,03	11,20

*Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

Para os resultados de altura de planta em função do tipo de resíduos, dose aplicada e períodos de avaliação (Figura 1 A, B, C e D), observa-se que para todos os quatro resíduos ocorreram correlações lineares ou quadráticas em pelo menos um dos períodos avaliados. Aos 60 DAS, para o esterco bovino (Figura 1 A) e compost barn (Figura 1 D), houve aumento linear deste parâmetro em função do aumento da dose aplicada, chegando a 96,37 e 91,93 cm, respectivamente, na dose de 16 Mg ha⁻¹. Sabourin et al. (2000) estudando a cultura do milho e várias outras culturas observaram que a dose de esterco bovino a ser aplicada pode variar em 4 a 12 Mg ha⁻¹, porém ressaltando que essa aplicação depende de vários fatores, como a textura do solo.

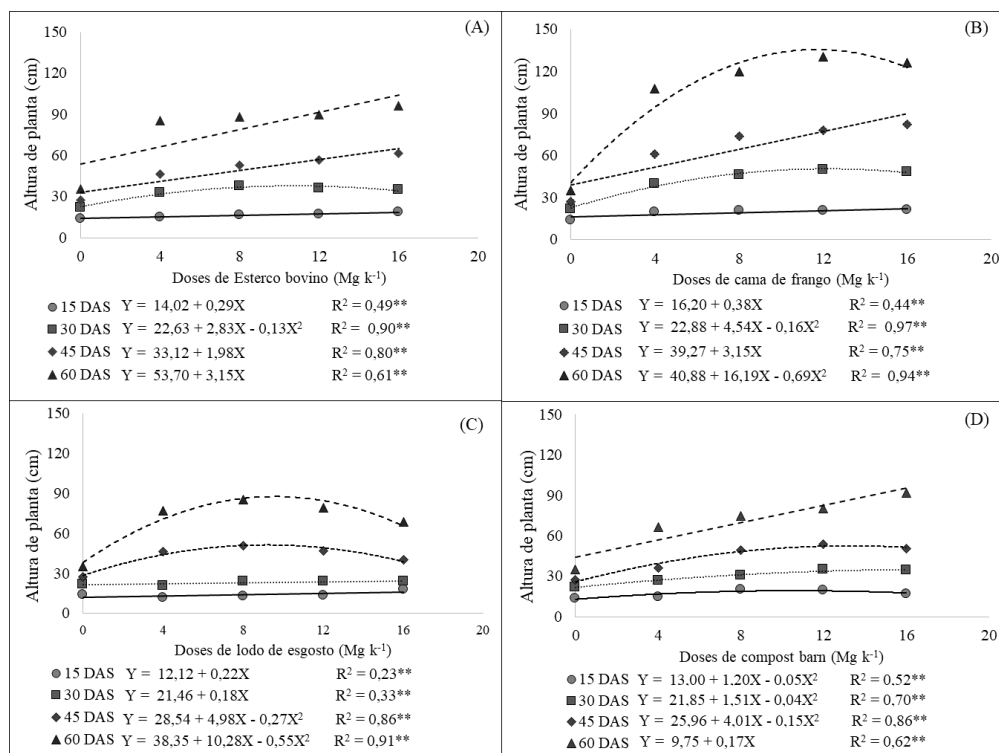


Figura 1. Regressão de altura de planta para as 4 avaliações em função da dose e período de avaliação, nas respectivas fontes de resíduos: (A) esterco bovino, (B) cama de frango, (C) lodo de esgoto, (D) compost barn.

Já para os resíduos cama de frango (Figura 1B) e lodo de esgoto (Figura 1C), houve comportamento quadrático da variável altura de plantas. As doses de cama de frango e lodo de esgoto que proporcionaram maior crescimento de plantas de milho foram as de 12 e 8 Mg ha⁻¹, com valores máximos de altura de planta de 130,50 e 85,50 cm. De maneira geral, o resíduo que proporcionou maior desenvolvimento em altura das plantas de milho foi a cama de frango na dose de 12 Mg ha⁻¹. Silva *et al.* (2011) também observaram maior altura de plantas de milho com aplicação de cama de frango após 45 dias de cultivo.

Especificamente com o resíduo lodo de esgoto, os resultados deste estudo diferem do observado por Oliveira (2016) em estudo com outra gramínea, o sorgo, no qual observou que a altura de planta do sorgo aumentou linearmente em função do aumento da dose de aplicação do resíduo. Com relação ao desenvolvimento do diâmetro do caule das plantas de milho, somente o resíduo compost barn apresentou aumento linear do

diâmetro em função das doses aplicadas em todas as quatro leituras realizadas, chegando a 17,39 mm na dose de 16 Mg ha⁻¹ aos 60 DAS (Figura 2 D).

Nos demais resíduos houve comportamento quadrático para a maioria das avaliações (Figura 2 A, B e C), cabendo destacar que para os 15 DAS não houve ajuste de regressão para o lodo de esgoto (Figura 2 C). Esse comportamento quadrático não se refletiu aos 30 e 60 DAS para o esterco bovino, no qual na última avaliação, a dose que proporcionou maior diâmetro do caule foi a de 16 Mg ha⁻¹ com 18,94 mm (Figura 2A). Já Junio *et al.* (2013) observaram comportamento crescente do desenvolvimento da cultura do milho com aplicação de lodo de esgoto até a dose de 75 Mg ha⁻¹.

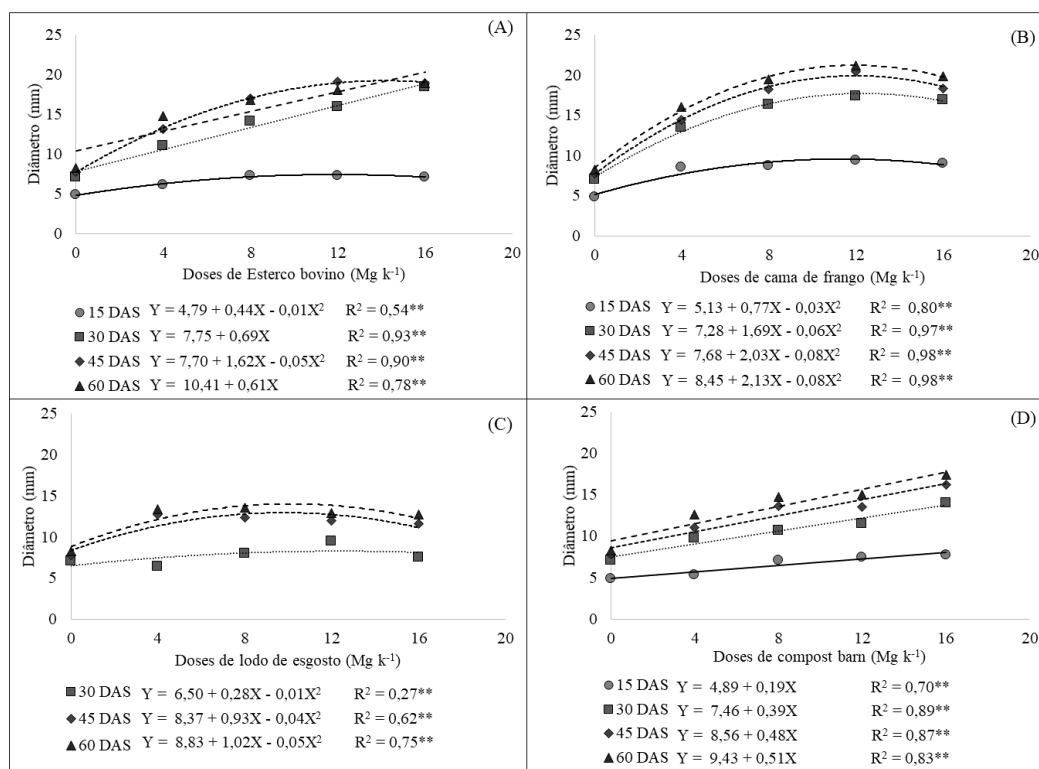


Figura 2. Regressão de diâmetro do caule para as 4 avaliações em função da dose e período de avaliação, nas respectivas fontes de resíduos: (A) esterco bovino, (B) cama de frango, (C) lodo de esgoto, (D) compost barn.

Da mesma forma como para a altura de plantas (Figura 1B e C), para o diâmetro do caule com aplicação dos resíduos cama de frango (Figura 2 B) e lodo de esgoto (Figura 2 C), as doses mais responsivas aos 60 DAS foram as de 12 e 8 Mg ha⁻¹, com valores de 21,21 e 13,55 mm, respectivamente. Estes resultados corroboram com os apresentados por Silva *et al.* (2011) que também encontraram maior diâmetro do caule do milho com aplicação de cama de frango com até 21 Mg ha⁻¹. É importante destacar que para os nutrientes presentes nos resíduos orgânicos possam ser aproveitados pelas plantas, é necessário que eles sejam mineralizados no solo através da ação da fauna do solo, em especial os microrganismos (GIACOMINI *et al.*, 2003; GALINDO *et al.*, 2024).

A variável número de folhas é um parâmetro também afetado pelas características genéticas da planta. Para esta variável, de maneira geral na maioria das leituras, houve ajustes lineares das equações de regressão. Cabe destacar que para os 15 e 30 DAS não

houve ajuste de regressão para as doses aplicadas de lodo de esgoto (Figura 3C). Além disso, para a última avaliação, aos 60 DAS, com exceção do lodo de esgoto (Figura 3C), os demais resíduos proporcionaram maior número de folhas na dose máxima aplicada, 16 Mg ha⁻¹, com 12,75, 14,00 e 12,25 folhas, respectivamente para os resíduos esterco bovino (Figura 3A), cama de frango (Figura 3B) e compost barn (Figura 3D).

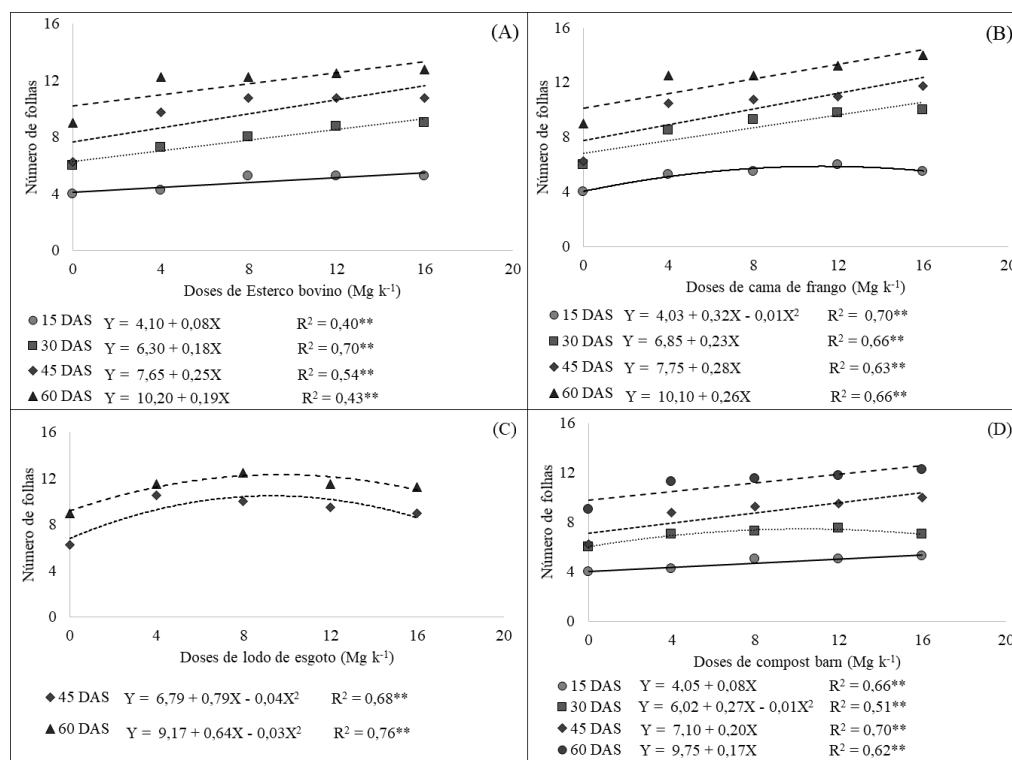


Figura 3. Regressão do número de folhas nas 4 avaliações, nas respectivas fontes de adubações: (A) esterco bovino, (B) cama de frango, (C) lodo de esgoto, (D) compost barn.

A avaliação de alguns parâmetros de crescimento é de fundamental importância para a cultura do milho, pois em alguns deles, como diâmetro do caule e o número de folhas, é possível encontrar correlação com a produtividade (Cruz et al., 2008; Brito et al., 2015). De maneira geral, para os parâmetros morfológicos altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas nas avaliações ao longo do tempo, o resíduo cama de frango na dose de 12 Mg ha⁻¹, proporcionou melhor desenvolvimento das plantas de milho, isso está relacionado diretamente com a composição do resíduo, que possui elevados teores de fósforo na sua composição (Tabela 1).

Com relação aos parâmetros avaliados após a colheita das plantas de milho aos 60 DAS, os resíduos esterco bovino e cama de frango proporcionaram aumento do comprimento de raiz em função do aumento da dose aplicada, chegando a 47,63 e 61,50 cm, respectivamente com aplicação de 16 Mg ha⁻¹. Demonstrando a eficiência desses resíduos mesmo com diferentes dosagens, além de não indicar intolerância da planta com o aumento da dosagem. Já os resíduos lodo de esgoto e composto barn proporcionaram maior comprimento de raiz nas doses de 8 e 4 Mg ha⁻¹, com valores de 57,30 e 59,80 cm (Figura 4A).

O volume de raízes das plantas de milho também foi afetado pela fonte e dose de resíduo aplicada. Somente para o composto barn houve aumento linear do volume de raízes

em função da dose, chegando a 107,50 cm³ na dose de 16 Mg ha⁻¹. Para os demais resíduos houve comportamento quadrático, nos quais tanto para o esterco bovino, quanto para a cama de frango e o lodo de esgoto, a dose que proporcionou maior volume de raízes foi a dose de 12 Mg ha⁻¹, com valores respectivos de 147,50, 232,50 e 115,00 cm³ (Figura 4B).

Tanto para massa seca da parte aérea (Figura 4C), massa seca de raiz (Figura 4D), massa seca total (Figura 4E) e massa seca por hectare (Figura 4F), a aplicação de cama de frango, dentre todos os resíduos estudados, proporcionou maiores valores para estas variáveis. A dose aplicada de 12 Mg ha⁻¹ deste resíduo proporcionou maior valor de massa seca de raiz, 36,63 g (Figura 4D) e massa seca total, 94,38 g (Figura 4E). Já a dose máxima aplicada de 16 Mg ha⁻¹ proporcionou maior valor para massa seca de parte aérea, 59,23 g (Figura 4C) e massa seca total por hectare, 14.898,14 Kg ha⁻¹ (Figura 4F).

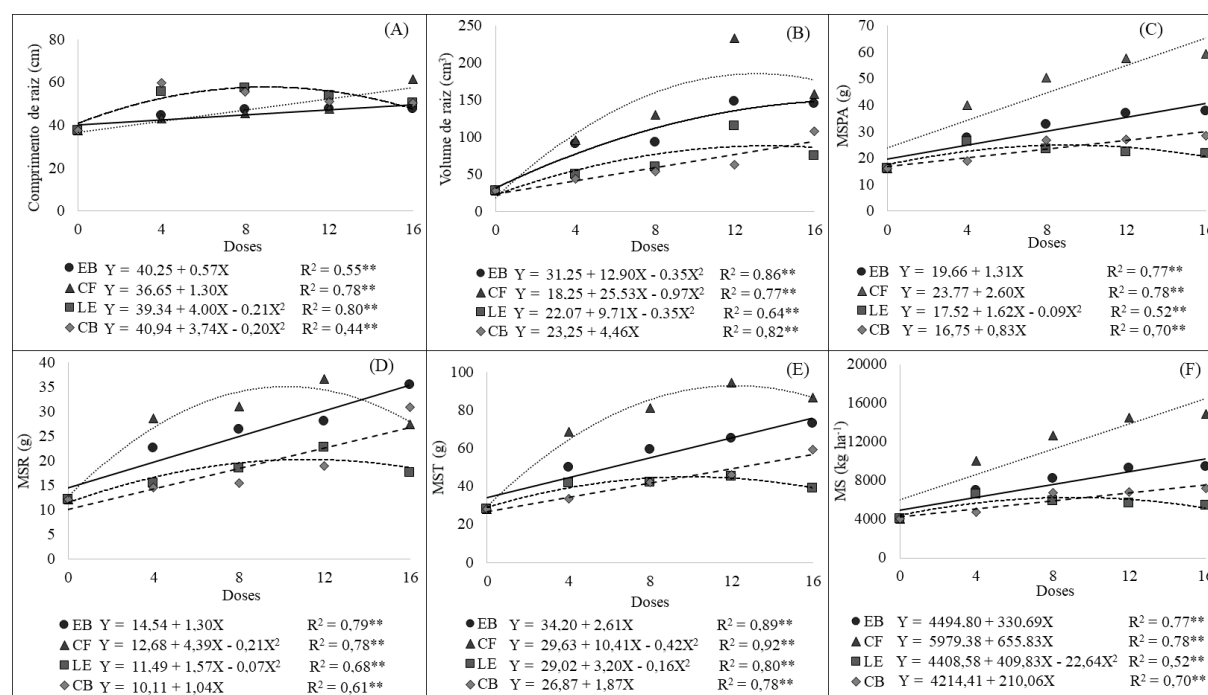


Figura 4. Regressão dos diferentes resíduos nas respectivas variáveis: (A) comprimento da raiz, (B) volume de raiz, (C) massa seca da parte aérea, (D) massa seca da raiz, (E) massa seca total, (F) massa seca em kg ha⁻¹.

Já os resíduos esterco bovino, lodo de esgoto e compost barn para a variável massa seca total por hectare, na qual é uma variável importante, especialmente para produção de palhada e ensilagem, chegaram a no máximo 9.452,97, 6.573,82 e 7.178,07 Kg ha⁻¹, nas doses de 16, 4 e 16 Mg ha⁻¹, respectivamente (Figura 4F), sendo os valores destes em relação ao resultado de cama de frango na ordem de 63, 44 e 48%, respectivamente.

O segundo resíduo com melhores resultados para essas variáveis “pós-colheita” avaliadas foi o esterco bovino na dose de 16 Mg ha⁻¹. Porém, cabe destacar aqui que a diferença no desenvolvimento das plantas de milho entre a cama de frango e esterco bovino foi considerável. Pois para o comprimento de raiz, volume de raiz, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e massa seca por hectare, os maiores valores de cada uma dessas variáveis para esses dois resíduos, independentemente da dose que teve melhor resultado, o esterco bovino teve 77, 63, 63, 97, 77 e 63 % de desenvolvimento/valores em relação a cama de frango. Silva *et al.* (2004) obtiveram

resultados positivos na produtividade de milho com utilização de esterco bovino até a dose de 8 Mg ha⁻¹.

Da mesma forma como para altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas, para todas as variáveis analisadas após a colheita do milho, a aplicação de cama de frango proporcionou melhores resultados em relação aos demais resíduos quando da aplicação de 12 ou 16 Mg ha⁻¹. Diversos outros autores também evidenciaram que a utilização da cama de frango possui potencial para suprimento da adubação de diversas culturas comerciais como o milho, soja, feijão, algodão e cana-de-açúcar (ANDREOTTI *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2011; EGHBALL *et al.*, 2004; GUIMARÃES *et al.*, 2016; HIRZEL *et al.*, 2007; HIRZEL; WALTER, 2008; RODRIGUES *et al.* 2009; SILVA *et al.* 2011; TEWOLDE *et al.*, 2005). Já Silva *et al.* (2014) com aplicação de cama de frango e esterco bovino para suprimento do requerimento de nutrientes pela cultura do abacaxi em Argissolo de textura arenosa, evidenciaram que a aplicação isolada destes resíduos não se mostrou satisfatória para para suprir isoladamente a demanda nutricional da cultura nesses solos.

Porém, Okumura *et al.* (2011) relatam que não somente a adubação é capaz de interferir nos estádios fenológicos da cultura do milho desde a germinação e emergência, até a produtividade final da cultura, como também a utilização de diferentes cultivares, solo, clima, práticas culturais, pragas, doenças, ano agrícola e época de plantio. A adubação de diferentes espécies de plantas comerciais através da aplicação de resíduos orgânicos é uma importante estratégia de manejo também da conservação da qualidade do solo. Com o incremento de carbono orgânico e nitrogênio total que esses resíduos podem condicionar, as condições de desenvolvimento das plantas são potencializadas, apresentando uma nutrição equilibrada em detrimentos daquelas adubadas unicamente com fertilizantes minerais (OLIVEIRA; DANTAS, 1995).

Diferentemente do observado com o resíduo lodo de esgoto, no qual proporcionou menor desenvolvimento das plantas de milho em relação a avaliação dos parâmetros morfobiométricos até os 60 DAS. Esse menor desenvolvimento das plantas de milho com a aplicação das doses de lodo de esgoto provavelmente se deve a aplicação do mesmo na forma pura, não sendo passado pelo processo de cura, mesmo tendo altos teores de nutrientes (Tabela 1). Já Figueiredo *et al.* (2005), Simonete *et al.* (2003), Barbosa *et al.* (2007), Malafaia *et al.* (2015) e Faria *et al.* (2018) verificaram respostas positivas com aplicação do lodo de esgoto nas culturas do algodão e milho.

Para o COT quantificado no solo dos vasos após a colheita do milho, somente o lodo de esgoto apresentou comportamento quadrático em função do aumento da dose de aplicação do resíduo (Figura 5). Para todas as doses aplicadas, sem exceção, os maiores teores de COT foram verificados no solo que recebeu aplicação de esterco bovino, com valores de 24,29, 25,30, 38,43 e 40,10 g kg⁻¹ nas doses de 4, 8, 12 e 16 Mg ha⁻¹. Resultados positivos de aumento dos teores de COT através da aplicação de esterco bovino também foram obtidos por Ghosh *et al.* (2018), Whalen *et al.* (2002) e Yang *et al.* (2016) em diversas condições de solo, clima, sistema de manejo, tempo de avaliação e profundidade amostrada.

Já os resíduos cama de frango, lodo de esgoto e compost barn apresentaram teores de COT máximos de 18,66, 22,38 e 14,84 g kg⁻¹ nas doses de 16, 12 e 16 Mg ha⁻¹, respectivamente (Figura 5), ou seja, teores de COT que representaram 46, 58 e 37% em relação ao teor de COT do solo que recebeu aplicação de esterco bovino.

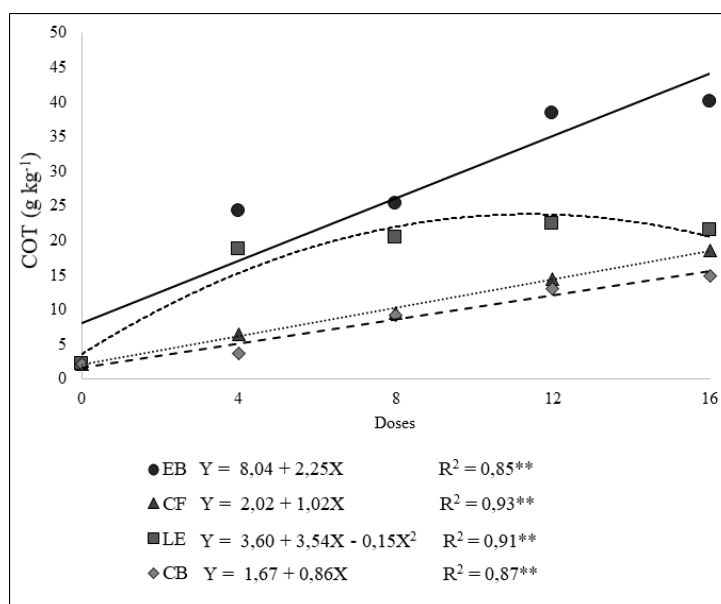


Figura 5. Regressão do carbono orgânico total das diferentes fontes de resíduos.

Na literatura existem vários trabalhos relatando o potencial de utilização de diversos resíduos orgânicos para melhoria dos atributos edáficos, principalmente em relação a aumentos consideráveis no conteúdo de COT do solo com aplicações de esterco bovino também foram encontrados por Galvão *et al.* (2011), cama de frango foram encontrados por Durigon *et al.* (2002) e Valadão *et al.* (2011) e com a utilização de lodo de esgoto como verificado por Dias *et al.* (2007), Grobelak *et al.* (2017) e Faria *et al.* (2018). Porém, a dose correta de aplicação de diferentes fontes de resíduos orgânicos depende de vários fatores em função da procedência destes resíduos, citando-se como exemplo o lodo de esgoto que é amplamente utilizado na agricultura, porém seu uso requer inúmeros cuidados (FIJALKOWSKI *et al.*, 2017).

4. CONCLUSÃO

Para as variáveis altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas a aplicação de esterco bovino e composto barn proporcionaram melhores resultados com a dose de 16 Mg ha⁻¹ e a cama de frango e lodo de esgoto resultados satisfatórios com aplicações de 8 e 12 Mg ha⁻¹, respectivamente.

A aplicação do resíduo cama de frango proporcionou melhores resultados em todas as variáveis pós-colheita analisadas, com a dose de 16 Mg ha⁻¹ maiores comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca por hectare, e a dose de 8 Mg ha⁻¹ maiores volume de raiz, massa seca de raiz e massa seca total.

De maneira geral a aplicação de CF proporcionou melhor desenvolvimento das plantas de milho com aplicação de doses que variam de 8 a 8 a 16 Mg ha⁻¹.

A aplicação de esterco bovino proporcionou maiores teores de carbono orgânico total do solo em todas as doses aplicadas, chegando a 40,10 g kg⁻¹ na dose de 16 Mg ha⁻¹.

Com a ausência de estudos que teste diferentes resíduos em ambientes controlados, sugere-se o desenvolvimento de novos estudos testando novas dosagens, e novas culturas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS); à Fundação de Apoio e Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect) (Processo UEMS n 25/2015) pelo apoio aos cursos de graduação e pós-graduação da UEMS; ao PIBIC/UEMS pela concessão de bolsa de iniciação científica aos alunos de graduação; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de doutorado e mestrado.

REFERÊNCIAS

- ANDREOTTI, M.; NAVA, I. A.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na “safra das águas”. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 595-602, 2005.
- ARAÚJO, M. D. M.; PRIMO, A. A.; FERNANDES, J. K. S.; VIEIRA, L. V.; CLARK, M. V. G.; GUEDES, F. L.; SOUZA, H. A. D. Different sources of nitrogen fertilizer in rainfed maize grown in a semiarid environment. **Arid Land Research and Management**, v. 38, n. 1, p. 26-45, 2024. <https://doi.org/10.1080/15324982.2023.2240745>
- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; FONSECA, I. C. B. Equilíbrio de bases no solo e produção de matéria seca de milho (*Zea mays* L.) em solos tratados com lodo de esgoto, carbonato de cálcio em solos tratados com lodo de esgoto, carbonato de cálcio e cal virgem. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, suplemento, p. 709-714, 2007. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i5.752>
- BASTOS, R. J. M. M.; ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; MELO JÚNIOR, J. P.; MIRANDA, B. C.; COSTA GARCIA, E. The use of "forth calcium" fertilizer in second-season corn planting in the center-west of Brazil. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1-11, 2024. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-149>.
- BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; GOMES, D. Sewage Sludge Usage in agriculture: a case study of its destination in the Curitiba metropolitan region, Paraná, Brazil. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 225, p. 1-8, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2074-y>
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **Revista Brasileira de**

Ciência do Solo, v. 35, n. 4, p. 1263-1270, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400019>

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p.388-393, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p388-393>

BRIGATTI, A. M. **Compost Barn e a produtividade leiteira**. Instituto de Estudos Pecuários – IEPEC, 2015. **Compost Barn**. Disponível em: <http://iepec.com/compost-barn-e-produtividade-leiteira/>. Acesso em: 10 ago. 2019.

BRITO, C.F.B.; FONSECA, V.A.; BEBÉ, F.V.; SANTOS, L.G. Desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de esterco bovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 244-250, 2015.

CALDEIRA JUNIOR, C. F.; SOUZA, R. A.; SANTOS, A. M.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres**, v. 56, p. 213-218, 2009.

CANAL RURAL. **Safrá de 2017/2018**. 2018. Disponível em: <https://canalrural.uol.com.br/noticias/safra-milho-brasil-deve-cair-175-73688/> Acesso em: 07/07/2019.

CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M.; ANDRADE, M. J. B.; MARTINS, A.; PASSOS, A.; OLIVEIRA, J. A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 930-939, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000400015>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 5, Safra 2017/18 - n. 10 - Décimo levantamento. JULHO 2018**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acesso em: 07/07/2019.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA, R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema de plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000100009>

DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; SOARES, E. M. B.; BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em Latossolo submetido a aplicação contínua de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 701-711, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400011>

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, n. 4, p. 983-992, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400016>

EGHBALL, B.; GINTING, D.; GILLEY, J. E. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 1, p. 442-447, 2004. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.4420>

FARIA, W. M.; FIGUEIREDO, C. C.; COSER, T. R.; VALE, A. T.; SCHNEIDER, B. G. Is sewage sludge biochar capable of replacing inorganic fertilizers for corn production? Evidence from a two-year field experiment. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v., 64, n. 4, p. 505-519, 2018. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340.2017.1360488>

FIGUEIREDO, I. C. DE M.; LIMA, V. L. A. DE; BELTRÃO, N. E. DE M.; ARAÚJO, M. G. F.; SANTOS, T. S.; AZEVEDO, C. A. V. Uso da água residuária tratada e do biossólido no algodão colorido: produção e seus componentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, Suplemento, p. 288-291, 2005. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v9nsupp288-291>

FIJALKOWSKI, K.; RORAT, A.; GROBELAK, A.; KACPRZAK, M. J. The presence of contaminations in sewage sludge e The current situation. **Journal of Environmental Management**, v. 203, p. 1126-1136, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.068>

GALINDO, F. S.; PAGLIARI, P. H.; SILVA, E. C.; LIMA, B. H.; FERNANDES, G. C.; THIENGO, C. C.; BERNARDES, J. V. S.; JALAL, A.; OLIVEIRA, C. E. S.; VILELA, L. S.; FURLANI JÚNIOR, E.; NOGUEIRA, T. A. R.; NASCIMENTO, V.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LAVRES, J. Impacto da sustentabilidade da fertilização nitrogenada na produtividade do milho: o papel das interações benéficas de inoculação microbiana. **BMC plant biology**, v. 24, n. 1, p. 268, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04971-3>

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100013>

GHOSH, A.; BHATTACHARYYA, R.; MEENA, M. C.; DWIVEDI, B. S.; SINGH, G.; AGNIHOTRI, R.; SHARMA, C. Long-term fertilization effects on soil organic carbon sequestration in an Inceptisol. **Soil & Tillage Research**, v. 77, p. 134-144, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.006>

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000900011>

GONÇALVES, F. O.; PERNA, R. F.; LOPES, E. S.; TOVAR, L. P.; MACIEL FILHO, R.; LOPES, M. S. Strategies to ensure fuel security in Brazil considering a forecast of ethanol production. **Biomass**, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2023. <https://doi.org/10.3390/biomass3010001>

GROBELAK, A.; PLACEK, A.; GROSSER, A.; SINGH, B. R.; ALMÅS, Å. R.; NAPORA, A.; KACPRZAK, M. Effects of single sewage sludge application on soil phytoremediation.

Journal of Cleaner Production, v. 155, p. 189-197, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.005>

GUIMARÃES, G.; LANA, R. P.; REI, R. S.; VELOSO, C. M.; SOUSA, M. R. M.; RODRIGUES, R. C.; CAMPOS, S. A. Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 4, p. 617-625, 2016.

<https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000400006>

HIRZEL, J.; WALTER, I. Availability of nitrogen, phosphorus and potassium from poultry litter and conventional fertilizers in a volcanic soil cultivated with silage corn. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 68, n. 3, p. 264-273, 2008.

<https://doi.org/10.4067%2FS0718-58392008000300006>

HIRZEL, J.; WALTER, I.; UNDURRAGA, P.; CARTAGENA, M. Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties derived from volcanic ash. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 53, n. 4, p. 480-488, 2007.

<https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00144.x>

JUNIO, G. R. Z.; SAMPAIO, R. A.; NASCIMENTO, A. L.; SANTOS, G. B.; SANTOS, L. D. T.; FERNANDES, L. A. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 706-712, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000700003>

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T.; KUMMER, A. C. B. Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 504-509, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500006>

MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L.; ARAÚJO, F. G.; LEANDRO, W. M. Crescimento de plantas de milho em solo acrescido de vermicompostos de lodo de curtureira e irrigado com água residuária de esgoto doméstico. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 4, p. 847-862, 2015. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1625>

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 361-367, 2007.

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000400003>

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 226-244, 2011. <https://doi.org/10.5777/paet.v4i2.1337>

OLIVEIRA, A. M. G.; DANTAS, J. L. L. **Composto Orgânico**. Embrapa: Cruz das Almas: CNPMF, 1995. 12 p. (Circular Técnica, n. 23).

OLIVEIRA, D. P. **Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo**. 2016. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

PITTA, C. S. R.; ADAMI, P. F.; PELISSARI, A.; ASSAMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSOL, L. C.; SARTOR, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1043-1053, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300034>

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em 14 mar. 2018.

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, n. 1, p. 94-99, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000100014>

ROMEIRO, J. C. T.; GRASSI FILHO, H.; MOREIRA, L. L. Q. Absorção de N, P, K, CA e Mg por laranjeiras 'pêra' fertilizadas com lodo de esgoto compostado em substituição à adubação nitrogenada mineral. **Irriga**, v. 19, n. 1, p. 82-93, 2014. <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n1p82>

SABOURIN, E.; SILVEIRA, L. M.; TONNEAU, J. P.; SIDERSKY, P. **Fertilidade e agricultura familiar no Agreste Paraibano: um estudo sobre o manejo da biomassa**. Esperança: Cirad-Terra/ASPTA, 2000. 59 p.

SAMPAIO, D.V.S.B.; OLIVEIRA, N.M.N.; NASCIMENTO, P.R.F.N. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 995-1002, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500016>

SANTOS, D. H., SILVA, M. A., TIRITAN, C. S., FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. 2011. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 443-449, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000500002>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B.. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SEMADE - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. **Estudo da Dimensão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul: Regiões de Planejamento**. Governo do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2015. 91p.

SILVA, J.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, M.; SILVA, K. M. B. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, v. 22 n. 2, p. 326-331. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000200033>

SILVA, T. R.; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L.; SANTOS, C. J. L.; GOMES, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 9, p. 903-910, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000900005>

SILVA, V. B.; SILVA, A. P.; DIAS, B. O.; ARAUJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R. P. Decomposição e liberação de n, p e k de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1537-1546, 2014.

<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500019>

SIMONETE, M. P.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003001000008>

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1135-1139, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001100012>

TEWOLDE, H.; SISTANI, K. R.; ROWE, D. E. Broiler litter as a sole nutrient source for cotton: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium concentrations in plant parts. **Journal of Plant Nutrition**, v. 28, n. 4, p. 605-619, 2005.

<https://doi.org/10.1081/PLN-200052633>

VALADÃO, F. C. A.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SILVA, T. J. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2073-2082, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600022>

WHALEN, J. K.; CHANG, C. Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. **Soil Science Society of American Journal**, v. 66, p. 1637-1647, 2002. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1637>

YANG, R.; MO, Y.; LIU, C.; WANG, Y.; MA, J.; ZHANG, Y.; LI, H.; ZHANG, X. The effects of cattle manure and garlic rotation on soil under continuous cropping of Watermelon (*Citrullus lanatus* L.). **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, p. 1-15, 2016.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156515>

YEOMANS, A.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>