

REAPROVEITAMENTO DO LODO DE ESGOTO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.III-012>

Rafael Santiago da Costa (*), Marilena de Melo Braga, Claudiane Quaresma Pinto Bezerra, Cailiny Darley de Menezes Medeiros, Rosilene Oliveira Mesquita

* Doutorando em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará e Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, rafaelssantiagodacosta@yahoo.com.br

RESUMO

O lodo de esgoto apresenta quantidades significativas de nutrientes, porém, pode conter metais pesados, sendo necessário ser estabilizado para ser utilizado na agricultura. A compostagem e a pirólise são processos que podem estabilizar o lodo e produzir fertilizantes orgânicos. O trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses do composto orgânico e do biocarvão produzidos com lodo de esgoto na adubação do feijão-caupi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando o delineamento em blocos casualizados, em um arranjo fatorial $2 \times 5 + 2$, sendo dois adubos orgânicos, cinco doses e 2 tratamentos adicionais. Aos 35 dias após a semeadura (DAS) foram mensurados a altura e o diâmetro do caule, utilizando uma trena graduada em cm e um paquímetro digital, respectivamente, enquanto a área foliar foi obtida aos 70 DAS por meio de um medidor de área foliar. A altura e a área foliar do feijão-caupi foram incrementadas em função do aumento das doses do composto de lodo, alcançando os pontos máximos de 111,9 cm e 1489,5 cm², respectivamente, enquanto a aplicação de doses crescentes do biocarvão provocou efeito contrário, inibindo o desenvolvimento da cultura. A adubação com composto de lodo promoveu os melhores resultados de diâmetro do caule, em relação ao biocarvão. Recomenda-se a adubação do feijão-caupi com composto de lodo na dose de 500 g vaso⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação orgânica, Biochar, Compostagem, Reúso agrícola.

INTRODUÇÃO

A expansão do saneamento básico, especialmente nas regiões urbanas, tem gerado grande volume de lodo de esgoto. Este material apresenta quantidades significativas de matéria orgânica e nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, no entanto, este biosólido tende a apresentar metais pesados em sua constituição, que dependendo da quantidade, pode causar prejuízos ambientais, no solo e nos recursos hídricos, além de prejudicar a produtividade agrícola (VON SPERLING, 2005; NOBREBA et al., 2017).

Algumas técnicas de estabilização podem ser empregadas a fim de reduzir o potencial tóxico do lodo de esgoto e utilizá-lo de maneira eficiente e segura na agricultura, de forma a trazer uma destinação ambientalmente correta, dentre essas, podemos citar a pirólise (que produz o biochar) e a compostagem como alternativas viáveis (COSTA, 2020). Estas técnicas são utilizadas com o objetivo de reutilizar os materiais provenientes da propriedade agrícola, como esterco, restos vegetais e alimentos, e produzir fertilizantes orgânicos ricos em nutrientes que podem ser utilizados na agricultura (BELTRÃO JÚNIOR et al., 2012).

Paralelo a isso, a vida moderna e a expansão do saneamento têm gerado cada vez mais resíduos urbanos (especialmente lodo de esgoto), os quais eventualmente, podem causar impactos ambientais ao serem descartados no meio ambiente. Dessa forma, práticas sustentáveis que visem a reutilização do lodo de esgoto além de trazer uma destinação correta a esse resíduo, ao mesmo tempo pode melhorar a fertilidade do solo e conseqüentemente a produtividade das culturas.

Dentre as principais espécies vegetais cultivadas no Nordeste, destaca-se o feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L.) por ser uma cultura de ciclo rápido, possuir em sua constituição aminoácidos, tiamina, niacina, fibras dietéticas, sendo uma das leguminosas mais consumidas no mundo (FONSECA et al., 2010). Além de sua importância econômica, o cultivo do feijão gera emprego, representando para inúmeras famílias a principal fonte de renda. Então, a utilização de compostos provenientes de resíduos urbanos seria uma alternativa viável para reduzir os custos com fertilizantes químicos e promover maior segurança e sustentabilidade ambiental para essa atividade agrícola.

Nesse sentido, a compostagem auxilia na estabilização do lodo de esgoto, uma vez que micro-organismos atuam durante todo o processo de decomposição de materiais. Além disso, a alta temperatura provocada durante o processo de compostagem e da pirólise pode eliminar patógenos e reduzir o potencial tóxico do lodo de esgoto, gerando após o processo, fertilizantes ricos em matéria orgânica e nutrientes, estabilizados e seguros para aplicação via solo (HECK et al., 2013).

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses do composto orgânico e do biochar produzidos com lodo de esgoto na adubação e no desenvolvimento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.).

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação coberta com plástico de 200 micras UV do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE. Foram utilizadas sementes de feijão-caupi, acesso CE-767, semeadas em vasos plásticos contendo 13 kg de solo arenoso, permanecendo uma planta vaso⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em um arranjo fatorial 2 x 5 + 2, sendo dois adubos orgânicos (composto e biochar de lodo de esgoto), cinco doses (100, 200, 300, 400 e 500 g vaso⁻¹), correspondendo a 20, 40, 60, 80 e 100 t ha⁻¹, 2 tratamentos adicionais (sem adubação e com adubação química) e 5 repetições, totalizando 60 unidades experimentais. A adubação química utilizada no tratamento adicional foi aplicada, segundo Faquin et al. (2008).

Em relação ao composto, o mesmo foi obtido através do lodo de esgoto misturado com esterco de galinhas poedeiras, na proporção de 70 e 30% + gesso, dispostos sob camadas em leiras com 7 m de comprimento, 1 m de largura e 1 m de altura, através de um processo aeróbico. Após um período de três meses, os compostos foram peneirados, colocados para secar por 48 horas em estufa com circulação de ar forçado a 45° C; posteriormente, foram pesados de acordo com os tratamentos: 100 g (20 t ha⁻¹), 200 g (40 t ha⁻¹), 300 g (60 t ha⁻¹), 400 g (80 t ha⁻¹) e 500 g (100 t ha⁻¹) e misturados ao solo (13 kg vaso⁻¹) + 1,25 g de calcário por vaso com auxílio de uma betoneira, por um período de 10 minutos.

A irrigação foi determinada pelo método gravimétrico, que consiste no uso da fórmula proposta por Klar et al. (1966), mantendo a cultura a 80% da capacidade de retenção de água (CRA), sendo obtida pela diferença entre: peso do solo na capacidade de campo - peso do solo seco naturalmente.

O biochar de lodo de esgoto foi obtido através do processo de pirólise conduzido em forno caseiro com uma taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹, a uma temperatura final de carbonização entre 400 e 500 °C e ausência de oxigênio. Em seguida, o biochar foi peneirado e pesado de acordo com os tratamentos: 100 g (20 t ha⁻¹), 200 g (40 t ha⁻¹), 300 g (60 t ha⁻¹), 400 g (80 t ha⁻¹) e 500 g (100 t ha⁻¹) e misturados ao solo (13 kg vaso⁻¹) + 1,25 g de calcário por vaso com auxílio de uma betoneira, por um período de 10 minutos.

A matéria prima biossólido utilizada no experimento, tanto para a produção do composto orgânico quanto para o biochar, foi proveniente de uma das estações de tratamento de esgoto da cidade de Fortaleza-CE, fornecido na forma seca pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Após a mistura do composto de lodo e do biochar de lodo, nas doses citadas, ao solo, coletou-se amostras compostas para análise química e os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo após a aplicação dos tratamentos. Fonte: Autores do Trabalho.

Trat	Dose	MO	P	Zn	Mn	Fe	Cu	K	Mg	Ca	Na	H+Al	PH	SB	CTC	V	CE
	g/vaso ⁻¹	g/kg	mg/kg.....			mmolc/kg.....				-	mmolc/kg	%	mS/cm		
S + L	100	5,7	64	15,9	5,4	27	4,65	0,6	4	19,1	0,6	6,1	6,3	24,3	30,4	80	2,21
	200	6,4	151	27	7,4	42	9,25	0,7	4,2	29,1	0,9	5,3	6,3	35	40,3	83	2,69
	300	6,6	193	38,8	9,5	46	12,7	1	4,9	35	1,7	8,7	6,2	42,6	51,4	86	3,06
	400	7,5	243	50,8	12	59	17,5	1,2	4,8	36,9	2	6,4	6,3	44,9	51,6	87	3,14
	500	10,3	303	59,8	15,5	70	21,7	1,5	6	47,6	2,5	9,1	6,4	56,5	65,6	87	3,5
S + B	100	6	57	21,6	4,5	49	3,95	0,6	5,6	12,3	1,4	0	7	19,8	19,8	100	2,61
	200	6,5	104	41	8	88	8,05	0,7	7,8	18,2	1,8	5	6,9	28,5	33,4	85	3,26
	300	9,5	160	58	11,3	129	12,55	0,9	10,2	24,5	2,1	5,6	6,8	37,6	43,3	87	4,13
	400	10,7	208	71,1	14,4	154	15,25	1	11,6	30	2,3	3,3	6,8	45	48,3	93	4,56
	500	10,9	245	77,5	15,6	157	16,5	1,1	12,1	30,7	2,4	4,8	6,9	44,4	49,2	95	4,69
Q	-	6,5	154	1,9	6,5	21	0,85	1,9	5,6	13,4	0,4	15	5,5	21,4	36,4	59	3,31
SA	-	4,4	5	0,5	2,6	5	1	0,3	3,3	6,4	0	9,8	6,4	9,9	19,8	50	1,12

Trat: S + L (solo + composto de lodo de esgoto), S + B (solo + biocarvão de lodo), Q (químico) e SA (sem adubação).

Ressalta-se que a utilização do lodo na agricultura deve seguir a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 375/2006.

Aos 35 dias após a semeadura (DAS) foram mensurados a altura da planta (ALT), utilizando uma trena graduada em cm e medindo-se a partir do colo até a última inserção foliar, e o diâmetro do caule (DC) medido a 3 cm do colo da planta por meio de um paquímetro digital. A partir dos dados de altura e diâmetro do caule, calculou-se a razão ALT/DC. Além disso, aos 70 DAS (final do experimento), foi realizada a coleta dos órgãos vegetativos, para obtenção da área foliar (AF), determinada por meio de um medidor de superfície (LI – 3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA).

Após a obtenção dos dados, realizou-se o teste F e o de Tukey (5%). Para as análises estatísticas utilizou-se o programa computacional Assisat 7.6 Beta.

RESULTADOS

Observou-se que as variáveis altura de plantas (ALT), razão altura/diâmetro do caule (ALT/DC) e área foliar (AF) não foram influenciadas pelos fatores isolados Fontes e Doses, mas a interação entre os fatores resultou em respostas significativas para ambas as variáveis (Tabela 2). No que refere-se a variável DC aconteceu o oposto, em que apenas o fator isolado Fontes foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, enquanto a interação entre os fatores não mostrou-se significativa (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DC), razão ALT/DC e área foliar (AF) em plantas de feijão-de-corda cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. Fonte: Autores do Trabalho.

FV	GL	Quadrado Médio			
		ALT	DC	ALT/DC	AF
Fontes (F)	1	925,36 ns	7,26**	0,24 ns	274500,49 ns
Doses (D)	4	967,05 ns	2,79ns	23,54 ns	29907,26 ns
Int. F x D	3	3907,60*	0,48 ns	62,13**	455193,08**
Fat. x Adic.	1	1438,83 ns	0,04**	48,36 ns	415203,34*
Adic. x Test.	1	20638,85**	116,01**	66,28*	3063998,89**
Resíduo	44	48770,73	0,44	15,00	89788,41
Total	59	-	-	-	-
Média Geral		78,88	8,73	9,00	1067,66
CV (%)		22,21	7,64	23,04	28,07

*, ** = Significativo a 5% e a 1 % pelo teste F, respectivamente e ns = não significativo.

Para altura de plantas foi verificado que o aumento de doses do composto orgânico de lodo promoveu incremento linear significativo, alcançando um valor de 111,9 cm na dose máxima (500 g vaso⁻¹), enquanto na dose mínima as plantas apresentaram o valor de 74,83 cm (Figura 1A). Já a aplicação do biochar provocou efeito contrário, em que o aumento das doses causou redução na altura das plantas e ao comparar a dose máxima com a mínima, verificou-se uma redução de 71,1% (Figura 1A). Em relação ao diâmetro do caule, observou-se que as plantas de feijão-caupi apresentaram maior diâmetro do caule quando foram adubadas com o composto de lodo, em relação ao biochar de lodo com uma diferença de 8,3%, no entanto, a adubação química apresentou a maior média absoluta para esta variável (Figura 1B).

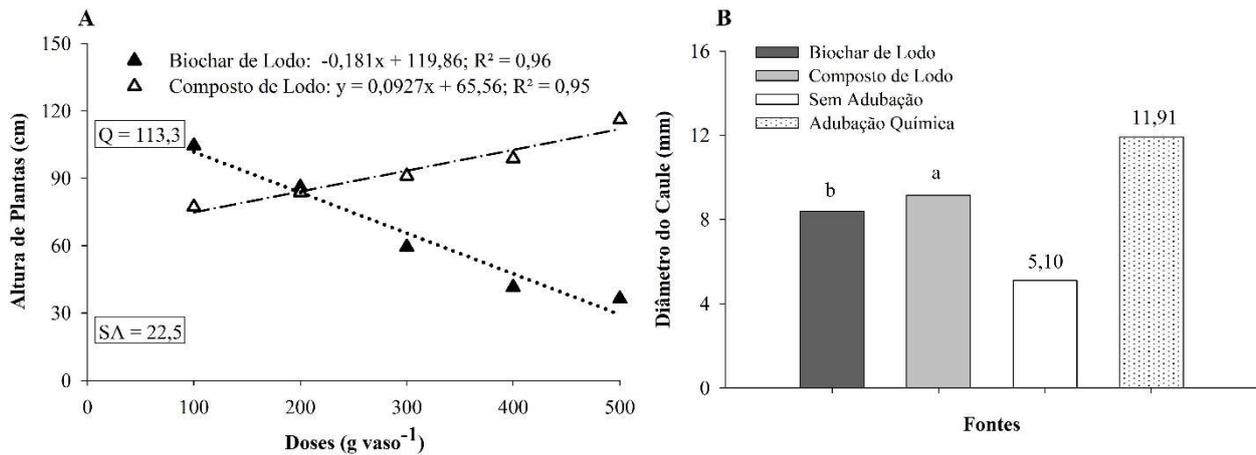


Figura 1: Altura (A) e diâmetro do caule (B) do feijão-caupi adubado com diferentes fontes e doses. Fonte: Autores do Trabalho.

A altura e o diâmetro do caule do feijão-caupi são variáveis que são diretamente influenciadas pelo fornecimento de nutrientes (MALTA et al., 2017), pois são cruciais para o devido desenvolvimento e funcionamento fisiológico da cultura, uma vez que os nutrientes participam de processos de divisão celular, fotossíntese, produção de carboidratos e outros (TAIZ et al., 2017). Nesse sentido, podemos associar os melhores resultados obtidos com composto orgânico de lodo às características químicas do mesmo, que ao ser aplicado ao solo, proporcionou quantidade de nutrientes adequadas à cultura, em função do aumento das doses, favorecendo o desenvolvimento em altura e diâmetro do caule (Figura 1).

Para a razão ALT/DC foi verificado redução linear para esta variável, quando as plantas foram adubadas com biochar de lodo de esgoto, encontrando uma diferença de 71,5% entre a menor dose (100 g vaso⁻¹) e a maior (500 g vaso⁻¹), porém, ao verificar a resposta da adubação com composto orgânico de lodo nas plantas de feijão, observou-se uma resposta quadrática, encontrando o ponto máximo de 11,49 na dose de 289,4 g vaso⁻¹ (Figura 2A). No que diz respeito a área foliar, as doses de composto de lodo incrementaram linearmente esta variável e ao comparar a menor com a maior dose, verifica-se uma superioridade de 41,5% (Figura 2B), enquanto a aplicação do biochar resultou em uma resposta quadrática, encontrando um ponto máximo de 1202,2 com a dose estimada de 280 g vaso⁻¹ (Figura 2B).

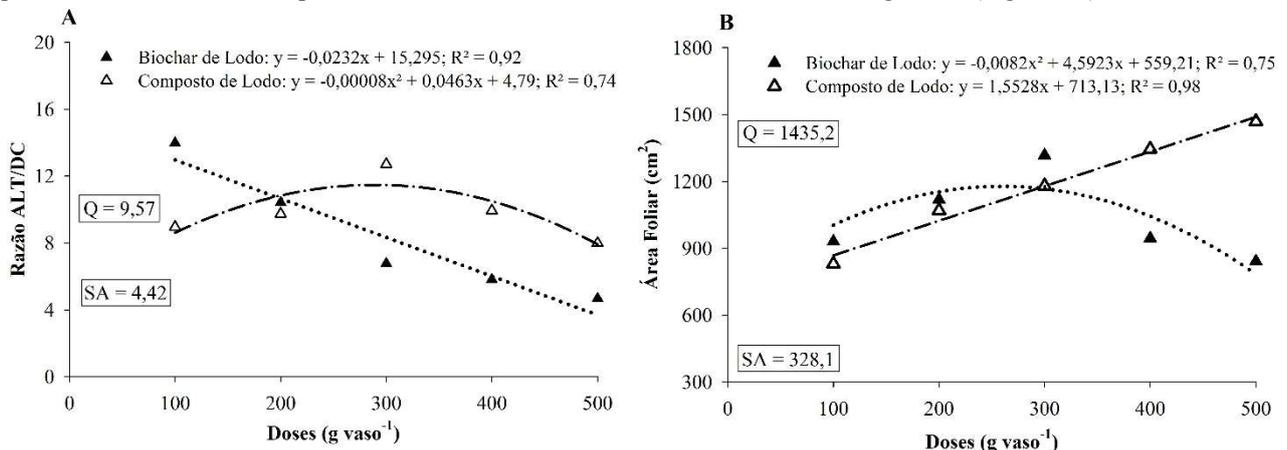


Figura 2: Razão Altura/Diâmetro do caule (A) e área foliar (B) do feijão-caupi adubado com diferentes fontes e doses. Fonte: Autores do Trabalho.

Foi observado que a aplicação do biochar de lodo de esgoto e o aumento de suas doses no solo provocou reduções da altura, da razão ALT/DC e da área foliar do feijão-caupi, possivelmente, por causa da toxidez causada pelo excesso dos micronutrientes Zn, Fe e Cu contidos no biochar de lodo (Tabela 1), de forma a indicar que o processo de compostagem é mais eficiente na redução desses nutrientes em relação a pirólise.

O Cu, Fe e Zn são micronutrientes que fazem parte de diversos compostos orgânicos e atuam em vários processos biológicos do organismo vegetal. No entanto, o excesso desses elementos no solo e, conseqüentemente, nos tecidos vegetais pode provocar sintomas de toxidez, como inibição da absorção de nutrientes, alteração em processos fisiológicos e bioquímicos, e danos na estrutura do sistema radicular, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento

das plantas (MELO et al., 2016). Dessa forma, as quantidades superiores desses nutrientes nos tratamentos com biocarvão em relação ao composto orgânico causou um efeito deletério, provocando redução no crescimento da cultura. Ressalta-se ainda que a aplicação do composto orgânico de lodo promoveu incrementos significativos na AF do feijão-caupi (Figura 2B), indicando que a adubação com esse adubo é uma alternativa viável, tendo em vista que a área foliar é uma das variáveis que estão diretamente relacionadas com as trocas gasosas e a produtividade da cultura.

CONCLUSÕES

O composto orgânico de lodo de esgoto na dose 500 g vaso⁻¹ auxilia no desenvolvimento do feijão-caupi, incrementando a altura, o diâmetro do caule e a área foliar.

O incremento das doses testadas de biochar inibe o desenvolvimento da cultura, sendo necessário estudos com doses inferiores a 100 g vaso⁻¹.

O lodo de esgoto é uma matéria prima viável para produção de fertilizantes orgânicos, especialmente obtido através do processo de compostagem.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e a Gerência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (GEPED) pelo apoio. À Universidade Federal do Ceará pela disponibilização do espaço para pesquisa, aos docentes e discentes envolvidos na mesma e a CAPES pelo financiamento da bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Beltrão Júnior, J.A., Cruz, J.S., Sousa, E.C., Silva, L.A. Rendimento do feijão-caupi adubado com diferentes doses de biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada de resíduos do coqueiro no município de trairí-ce. **Irriga**, edição especial, p. 423-437, 2012.
2. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Conama nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.
3. Costa, R.S. **Respostas fisiológicas, nutricionais e produtivas em plantas de feijão-de-corda cultivadas sob fontes de adubos**. 2020. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
4. Fonseca, M.R., Fernandes, A.R., Silva, G.R., Brasil, E.C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 53, n. 2, p. 195-205, 2010.
5. Heck, K., Marco, E.G., Hahn, A.B., Kluge, M., Spilki, F.R., Van Der Sand, S.T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 54-60, 2013.
6. Klar, A.E., Nova, N.A.V., Marcos, Z.Z., Cervellini, A. **Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens**. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 23:16-30 p., 1966.
7. Malta, A.O., Ataíde, E.B., Almeida, D.J., Oliveira, V.E.A., Santos, A.S. Crescimento de feijoeiro sob influência de carvão vegetal e esterco bovino. **Revista Sítio Novo**, v. 1, n. 1, p. 190-202, 2017.
8. Melo, G.W.B., Zalamena, J., Brunetto, J.Z.G., Ceretta, C.A. **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Embrapa Uva e Vinho. Cap. 6, p. 91-110, 2016.
9. Nobrega, M.A.S., Pontes, M.S., Santiago, E.F. Incorporação do lodo de esgoto na composição de substrato para produção de mudas nativas. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 43-55, 2017.
10. Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
11. Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 3, p. 51-87, 2005.