



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS FORMULADOS COM RESÍDUOS SÓLIDOS DA AGROINDÚSTRIA DA CANA ADICIONADOS DE VINHAÇA

Tâmara Cláudia de Araújo Gomes⁽¹⁾; Taís Almeida Santos⁽²⁾; Claudivan Costa de Lima⁽³⁾; Clístenes Williams Araújo do Nascimento⁽⁴⁾; Vinícius Gedeão Bezerra de Carvalho⁽⁵⁾; João Paulo Siqueira da Silva⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros/Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo – AL, Caixa Postal 2013, Tabuleiro do Martins, Maceió–AL, CEP 57061-970. E-mail: tamara@cpac.embrapa.br; ⁽²⁾ Estudante do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Campus Avançado Delza Gitaí, Rio Largo - AL; ⁽³⁾ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Campus Satuba–AL, CEP 57120-000; ⁽⁴⁾ Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, CEP.: 52.171.900 – Recife – PE; ⁽⁵⁾ Estudantes do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, CEP.: 52.171.900 – Recife – PE.

Resumo – A compostagem de resíduos agroindustriais é investigada como uma estratégia de reciclagem da vinhaça, mediante o seu uso em concentrações crescentes no líquido de irrigação das leiras. O experimento foi desenvolvido a campo, em Coruripe, Alagoas. Estudou-se o processamento de compostos orgânicos obtidos a partir de cinco leiras da mistura de bagaço de cana + torta de filtro + esterco bovino + fosfato natural de Gafsa, umedecidas com soluções com concentrações crescentes de vinhaça (0, 25, 50, 75 e 100% de vinhaça). Foram incluídas uma leira adicionada de sulfato de potássio sem vinhaça e outra constituída unicamente por torta de filtro. As amostras foram coletadas aleatoriamente no interior das leiras (quatro amostras por leira) aos 6, 14, 29, 41, 57, 89, 119 e 152 dias após a montagem das mesmas. Ao final do período de compostagem verificou-se que para cada 1 kg de matéria seca da mistura de resíduos sólidos utilizada na produção dos compostos, foi possível a incorporação de 4,9 L de vinhaça; a CE, CTC e a maturidade estimada em função da relação CTC/CO > 1,9 mmol_c g⁻¹ dos compostos com vinhaça foram maiores que as do composto produzido com água; os valores finais da CE dos compostos obtidos com a adição da vinhaça foram próximos aos valores da torta de filtro e esterco utilizados para a montagem das leiras; a compostagem mostrou-se como uma estratégia potencialmente eficiente na reciclagem da vinhaça favorecendo a sua transformação em um insumo de valor agrícola.

Palavras-Chave: Fertilizantes orgânicos, compostagem, qualidade de compostos orgânicos, CTC.

INTRODUÇÃO

A produção total de álcool no Brasil, resultante da safra 2005/2006, foi da ordem de 16 bilhões de litros, tendo, esse montante se elevado para 27 bilhões na safra 2008/2009 (Única, 2010). Concomitantemente ao aumento da produção de álcool,

é também acrescida a produção de vinhaça, a qual, dos efluentes líquidos da indústria sucroalcooleira, é o que possui maior carga poluidora (Silva et al, 2007). Tal aumento aponta para a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento, redução e usos alternativos para esse efluente, pois a sua elevada e crescente geração não comportará apenas o seu tradicional uso em fertirrigação. Essa tecnologia requer o estabelecimento de critérios técnicos para evitar os problemas decorrentes do seu manejo inadequado. Neste particular, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB instituiu a Norma Técnica 4231, de março/2005, que restringe o uso da vinhaça em fertirrigação com base no teor de potássio, limitando a sua aplicação.

Outra destinação para a vinhaça pode ser o seu uso na formulação de compostos orgânicos, a exemplo do que tem sido feito com efluentes da agroindústria do azeite de oliva na Europa. Paredes et al. (2001) consideram a compostagem uma alternativa para a reciclagem do referido resíduo, representando uma maneira econômica e ecologicamente aceitável para eliminá-lo. Ademais, o processo da compostagem apresenta um alto potencial de incorporação de efluentes orgânicos como evidenciado por Tomati et al. (1995), cujo experimento consumiu, para cada 1 kg de palha de trigo, 10 L do efluente da industrialização do azeite de oliva, num intervalo de 35 dias de processamento.

Especificamente quanto à vinhaça, há a carência de dados quanto aos efeitos de sua aplicação ao longo do processo de compostagem sobre características finais dos compostos. O presente estudo teve por objetivo verificar o efeito da aplicação de vinhaça em resíduos da agroindústria sucro-alcooleira, sobre a condutividade elétrica - CE e capacidade de troca de cátions - CTC dos compostos orgânicos durante seu processamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi constituído pela montagem e condução de leiras de composto orgânico por 152 dias, em

área agrícola pertencente à Cooperativa Pindorama, no município de Coruripe – AL.

As leiras de compostagem foram constituídas por uma mistura básica (MB) formulada com bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro com esterco de bovinos leiteiros, enriquecidos com fosfato natural de Gafsa. Os tratamentos foram constituídos da adição de doses crescentes de vinhaça no líquido de molhamento das leiras (C1 a C5) e pela aplicação de sulfato de potássio (C6). Um tratamento adicional foi estabelecido utilizando-se unicamente torta de filtro (TF), a qual recebeu o mesmo manejo das demais leiras (Tabela 1).

Tabela 1. Compostos orgânicos formulados com diferentes resíduos agroindustriais e níveis de adição de vinhaça.

Trat.	Composição (materiais sólidos)	Vinhaça	
		Concentração na água de irrigação (%)	Volume total (m ³) aplicado por Mg de matéria seca da mistura de resíduos sólidos
C1	MB	0	-
C2	MB	25	1,23
C3	MB	50	2,46
C4	MB	75	3,69
C5	MB	100	4,92
C6	MB + 30 kg Mg ⁻¹ K ₂ SO ₄ (base seca)	0	-
TF		0	-

MB = BCa + TF + Eb + FG (4:1:1 + 30 kg Mg⁻¹, respectivamente, em base seca)

A composição dos resíduos utilizados encontra-se na Tabela 2:

Tabela 2. Resultados analíticos pertinentes à análise dos resíduos orgânicos frescos, antes do estabelecimento das leiras de composto.

Determinação	Bagaço cana-de-açúcar	Torta de filtro	Esterco bovino	Vinhaça
pH em água*	5,88	5,80	8,28	3,68
CE (μS cm ⁻¹)*	378	2660	2140	3040
Umidade (%)	26	69,1	30,9	-
C org. (g kg ⁻¹)	473,43	426,06	300,64	12,21***
N total (g kg ⁻¹)	3,3	31,4	12,3	0,25***
Relação C:N	143,46	13,57	24,44	48,49
K (g kg ⁻¹)	1,86	2,36	8,07	446,10**
P (g kg ⁻¹)	0,27	18,45	2,33	58,56**
Ca (g kg ⁻¹)	2,86	24,46	6,61	493,50**
Mg (g kg ⁻¹)	0,60	3,74	2,20	176,56**
Na (g kg ⁻¹)	0,56	0,60	1,19	92,21**

*Relação 10:1 (água: resíduos sólidos); ** mg L⁻¹; ***g L⁻¹

Foram realizadas oito coletas de amostras do material para cálculo da matéria seca e realização das análises químicas pertinentes. As amostras foram coletadas aleatoriamente no interior das leiras (quatro amostras por leira) aos 6, 14, 29, 41, 57, 89, 119 e 152 dias após a montagem das mesmas.

As amostras foram secas a 60°C, trituradas em moinho tipo Willey e passadas por peneira de 0,5 mm.

Foram determinadas a condutividade elétrica em água na relação composto:água igual a 1:10 e a capacidade de troca de cátions (Rodella e Alcarde, 1994). A relação CTC/C foi calculada dividindo-se o valor da CTC em mmol_c kg⁻¹ pelo teor de carbono orgânico total (em g kg⁻¹) obtido por dicromatometria. Avaliou-se o efeito do tempo de compostagem e da adição de vinhaça sobre a evolução da CE e CTC dos compostos e torta de filtro, por meio de análise de regressão e correlação de Pearson utilizando-se o programa SAEG, da Universidade Federal de Viçosa. As figuras foram construídas com os valores médios das variáveis, tendo-se utilizado o Software Excel, da Microsoft.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito sobre a condutividade elétrica

A condutividade elétrica aumentou ao longo do tempo de compostagem em todos os tratamentos (Figura 1A). A produção de compostos inorgânicos como resultado da degradação da matéria orgânica e o aumento da concentração relativa de íons devido à perda de massa da pilha acarreta o aumento da CE (Paredes et al., 2001). O enriquecimento do composto C6 com sulfato de potássio resultou nos altos valores da CE observados, os quais se destacaram dos demais compostos desde o início do processo, tendo encerrado o período de compostagem com valores em torno de 3470 μS cm⁻¹.

O aumento da concentração da vinhaça no líquido de irrigação das leiras mostrou-se altamente correlacionado ($r = 96,12$ e $r = 95,46$, $P < 0,01$, respectivamente) com os valores médios e finais da CE dos compostos (Figura 2A). Este aumento está relacionado com a crescente adição de sais de potássio e sódio, considerando-se que foram usados 3935 L de líquido na irrigação das leiras (4,9 L de vinhaça por cada 1 kg de matéria seca da mistura de resíduos sólidos) e que tal volume correspondeu ao acréscimo de 0,4, 0,8, 1,2 e 1,8 kg de K e 0,09, 0,18, 0,27 e 0,36 kg de Na, respectivamente, nos compostos C2, C3, C4 e C5. Os valores finais da CE dos compostos C1 a C5 foram, respectivamente, de 1322, 1715, 1678, 2216 e 2770 μS cm⁻¹, estando próximos aos valores inicialmente encontrados na torta de filtro e esterco utilizados para a montagem das leiras (Tabela 2). Embora, para compostos orgânicos, Kuba et al. (2008) postulem valores da CE < 2000 μS cm⁻¹ como sendo ideais para o desenvolvimento vegetal, não são esperados efeitos negativos decorrentes da faixa de valores de CE obtidos.

Efeito sobre a capacidade de troca catiônica

A CTC mede a capacidade de compostos, minerais e matéria orgânica do solo de reter cátions trocáveis para equilibrar as cargas negativas do material. As fontes das cargas negativas no composto incluem a dissociação de grupos funcionais acídicos (principalmente os carboxílicos e fenólicos). Uma vez que tal processo está associado ao avanço da compostagem, estes resultam no aumento da CTC do composto, cuja determinação tem sido usada na estimativa de seu grau de humificação (Lax et al., 1986).

Nos compostos, a CTC variou entre 159,9 e 209,8 mmol_c kg⁻¹ no início da compostagem, tendo dobrado até ao final do período (entre 350,5 e 526,7 mmol_c kg⁻¹), com o composto da leira C6 sendo aquele que apresentou os valores mais baixos (Figura 1B). A torta de filtro, cuja CTC já iniciou com um valor relativamente mais alto que o dos compostos (495,7 mmol_c kg⁻¹), ao fim do período de processamento alcançou 755 mmol_c kg⁻¹. Considerando valores de CTC > 600 mmol_c kg⁻¹ como indicativos de maturidade do composto, conforme proposto por Harada e Inoko (1980), apenas a torta de filtro poderia ser considerada madura ao final do período considerado (152 dias). Dentre os compostos obtidos, apenas o C4 (irrigado com vinhaça a 75%) e o C5 (irrigado com vinhaça pura) chegariam mais próximos deste limite (respectivamente 526,7 e 512,5 mmol_c kg⁻¹).

A relação CTC/C permite inferir o grau de maturação dos compostos uma vez que o aumento da CTC está relacionado com os grupos funcionais das SH (Roig et al., 1988). Considerando a relação CTC/CO > 1,9 mmol_c g⁻¹ proposto por Iglesias-Jimenez & Perez-Garcia (1992) como parâmetro de maturidade, apenas os compostos que receberam vinhaça C3, C4 e C5, além da torta de filtro (respectivamente, 2,0, 2,1, 2,1 e 3,2 mmol_c g⁻¹) poderiam ser considerados maduros (Figura 1C).

A adição da vinhaça nos compostos influenciou mais a CTC final dos mesmos que sua CTC média (respectivamente, $r = 0,85$, $P < 0,05$ e $r = 0,71$, $P < 0,10$). Por sua vez, os valores das relações CTC/C final e média dos compostos se mostraram altamente correlacionados (respectivamente, $r = 0,87$, $P < 0,05$ e $r = 0,94$, $P < 0,01$) com a concentração crescente da vinhaça no líquido de irrigação das leiras C1 a C5 (Figura 2B e 2C).

CONCLUSÕES

1. A adição de vinhaça às leiras de compostagem proporciona o aumento da condutividade elétrica dos compostos, resultando em valores próximos aos da torta e esterco originais;
2. A adição de vinhaça às leiras de compostagem resulta em maior capacidade de troca catiônica;

3. Considerando-se a relação CTC/CO > 1,9 mmol_c g⁻¹ como parâmetro de maturidade, a adição de vinhaça proporciona o aumento do grau de maturidade dos compostos.
4. A torta de filtro apresentou maiores valores de CTC que os compostos estudados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Cooperativa de Colonização Agropecuária e Industrial Pindorama Ltda. pela área experimental e apoio na condução do experimento e à EMBRAPA, BNB E FAPEAL pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- HARADA, Y.; INOKO, A. Relationship between cation Exchange capacity and degree of maturity of city refuse composts. **Soil Science and Plant Nutrition**, 26:353-362, 1980.
- IGLESIAS-JIMÉNEZ, E.; PÉREZ-GARCIA, V. Composting of domestic refuse and sewage sludge. II. Evolution of carbon and some "humification" indexes. **Resources, Conservation and Recycling**, 6:243-257, 1992.
- KUBA, T.; TSCHÖLL, A.; PARTL, C.; MEYER, K.; INSAM, H. Wood ash admixture to organic wastes improves compost and its performance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 127:43-49, 2008.
- LAX, A.; ROIG, A.; COSTA, F. A method for determining the cation-exchange capacity of organic materials. **Plant and Soil**, 94:349-355, 1986.
- PAREDES, C.; BERNAL, M.P.; ROIG, A.; CEGARRA, J. Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes. **Biodegradation**, 12:225-234, 2001.
- RODELLA, A.A.; ALCARDE, J.C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Scientia Agricola**, 51:556-562, 1994.
- ROIG, A.; LAX, A.; CEGARRA, J.; COSTA, P.; HERNANDEZ, M. T. Cation Exchange Capacity As A Parameter for Measuring the Humification Degree of Manures. **Soil Science**, 146:311-316, 1988.
- SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 11:108-114, 2007.
- TOMATI, U.; GALLI, E.; PASETTI, L.; VOLTERRA, E. Bioremediation of olive-mill wastewaters by composting. **Waste Management & Research**, 13:509-518, 1995.
- ÚNICA. UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. São Paulo. **Produção de etanol do Brasil**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>. Consulta do em 05/12/2010.

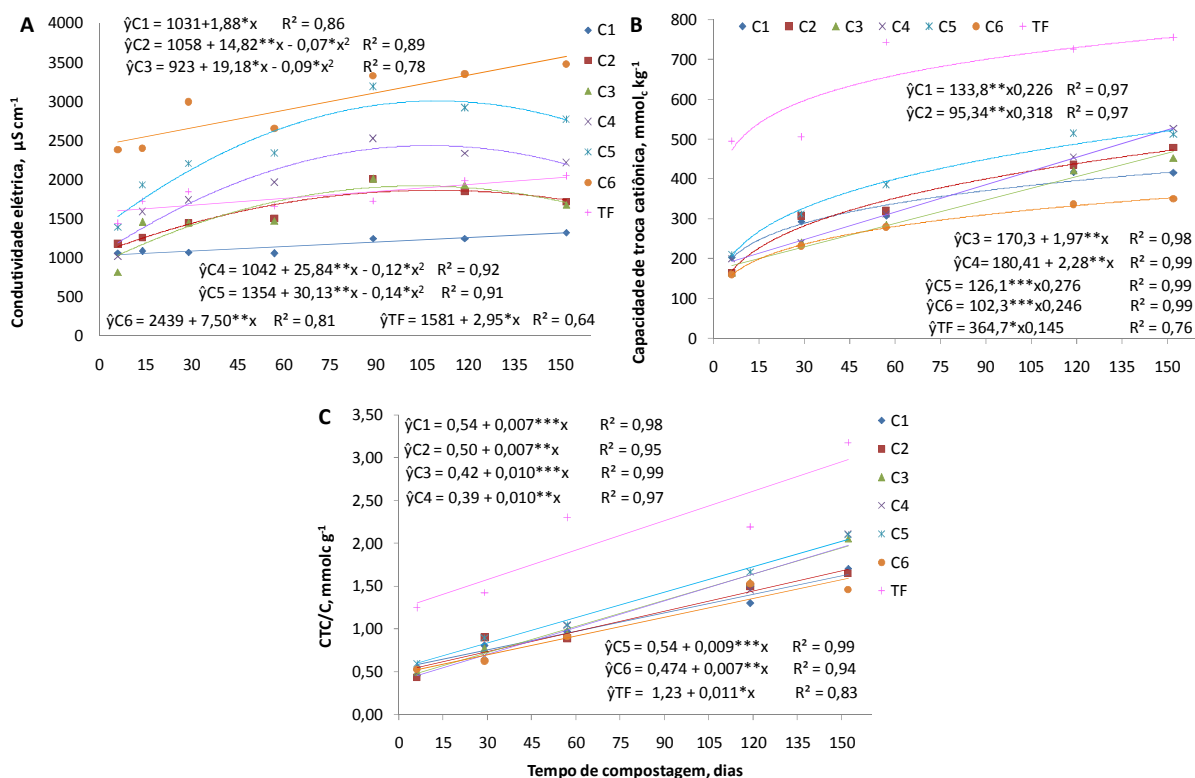


Figura 1. Conduividade elétrica (A), capacidade de troca de cátions (B) e relação CTC/C (C) de compostos orgânicos formulados com resíduos da agroindústria da cana-de-açúcar adicionados de vinhaça ou sulfato de potássio e da torta de filtro, em função do tempo de compostagem (médias de quatro repetições). C1: bagaço-de-cana + torta de filtro + esterco bovino (MB) irrigado com água; C2: MB irrigado com solução de vinhaça a 25%; C3: MB + vinhaça a 50%; C4: MB + vinhaça a 75%; C5: MB + vinhaça; C6: MB + água + sulfato de potássio; TF: torta de filtro; *, **, *** = significativos pelo teste F, respectivamente, a 5, 1 e 0,1%.

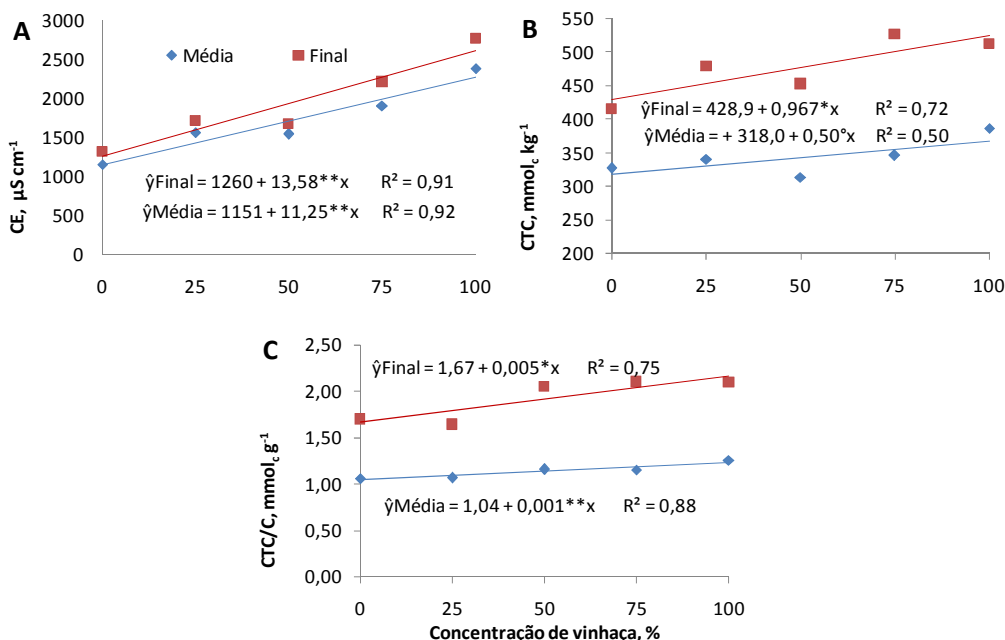


Figura 2. Conduividade elétrica (CE)(A), capacidade de troca de cátions (CTC)(B) e relação CTC/C (C) média e final dos compostos orgânicos, formulados com resíduos da agroindústria da cana-de-açúcar, em função do aumento da concentração de vinhaça no líquido de irrigação das leiras (C1, 0%; C2, 25%; C3, 50%; C4, 75%; C5, 100%) (respectivamente, médias de vinte e oito repetições resultantes de sete coletas e de quatro repetições da última coleta); °, *, ** = significativos pelo teste F, respectivamente, a 10, 5 e 1%.