

MINERALIZAÇÃO DA TORTA PRODUZIDA DIRETAMENTE DA SEMENTE (PDS) DE MAMONA¹

RAFAEL ANTONIO PRESOTTO^{*2}, SAMUEL DE DEUS DA SILVA³, HELEN BOTELHO MAROTA⁴, RAQUEL CAPISTRANO MOREIRA⁵, MARCOS GERVASIO PEREIRA⁶, EVERALDO ZONTA⁶

RESUMO – O processo de produção de Biodiesel Diretamente da Semente (PDS) de oleaginosas utiliza um catalisador à base de NaOH na reação de transesterificação. O principal subproduto desse processo é a torta PDS, esta apresenta consideráveis teores de sódio em sua composição, que pode ser limitante na atividade dos microrganismos durante sua mineralização. O objetivo do estudo foi avaliar a taxa de mineralização da torta de mamona produzida a partir do processo direto da semente (PDS), adicionada em amostras de terra coletadas na profundidade de 0-20 cm de um CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico (CXbe) situado em área da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. A torta PDS de mamona utilizada foi oriunda da Estação Experimental de Produção de Biodiesel (UEB-2) do Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello, Guamaré, RN. Para o estudo foi utilizada a torta PDS de mamona em seu estado *in natura* e tratada com água destilada para a remoção dos teores de Na⁺. O material foi incubado sob doses crescentes de torta PDS: 0, 5, 10, 20, 40, 80 e 160 Mg ha⁻¹ por um período de 32 dias. Foi avaliada a decomposição do material através da evolução de CO₂. A taxa de mineralização da torta PDS de mamona em um CAMBISSOLO HÁPLICO não é influenciada pelos níveis de sódio presentes na torta *in natura* e tratada. O tratamento da torta PDS com água é eficaz na redução nos teores de sódio total e trocável, mas como consequência há perdas de N e K.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. Sódio. Microrganismos.

MINERALIZATION OF CASTOR BEAN FROM SEED

ABSTRACT - The process of production of Biodiesel Directly Seed (PDS) of oil using a catalyst based on NaOH in the transesterification reaction. The primary byproduct of this process is the pie PDS, this presents considerable levels of sodium in their composition, which can be limiting in the activity of microorganisms during mineralization. The aim of this study was to evaluate the mineralization rate of castor bean cake produced from the direct process of the seed (PDS), added to soil samples collected at a depth of 0-20 cm of a Typic Eutrophic (CXbe) located in the area of the Apodi Plateau, Rio Grande do Norte, Brazil. The castor bean used were from the Experimental Station of Biodiesel (UEB-2), Research Center Leopoldo Americo Miguez de Mello, Guamaré, RN. For the study was used castor bean in fresh state and treated with distilled water to remove the Na⁺. The material was incubated in increasing leaves of castor bean PDS 0, 5, 10, 20, 40, 80 and 160 mg ha⁻¹ for a period of 32 days. Was evaluated the decomposition of the material through the evolution of CO₂. The mineralization rate of the pie PDS castor in a Cambisol is not influenced by sodium levels present in *in natura* and treated pie. The treatment with pie PDS water is effective in reducing the levels of total and exchangeable sodium, but as a result there are losses of N and K.

Keywords: *Ricinus communis*. Sodium. Microorganisms.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 21/08/2012 aceito para publicação em 09/07/2014.

²Mestre em Solo, Curso de Pós Graduação em Agronomia Ciência do Solo – UFRRJ, Br 465, Km 07, 23890-000, Seropédica-RJ, presotto_ufrj@hotmail.com.

³Prof. do Instituto Federal do Tocantins, IFTO, Dianópolis-TO, agrosamuel@gmail.com.

⁴Mestre em Solo, Curso de Pós Graduação em Agronomia Ciência do Solo – UFRRJ, Seropédica-RJ, helenufrj@gmail.com.

⁵Engenheira Agrônoma de Suporte Técnico a Etanol da Petrobras Biocombustível, raquelmoreira@petrobras.com.br.

⁶Professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, gervasio@ufrj.br e ezona@ufrj.br.

INTRODUÇÃO

O processo de produção de biodiesel diretamente da semente (PDS), desenvolvido e patentado pela PETROBRAS/CENPES (Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello), permite a utilização de diversas oleaginosas como matéria prima, entre elas a mamona, o girassol e a soja. Este processo apresenta como diferencial a utilização de um catalisador à base de hidróxido de sódio (NaOH) na reação de transesterificação, resultando em melhores rendimentos na produção de biodiesel (SILVA, 2010).

O principal subproduto desse processo de produção de biodiesel é a torta, que por ser diferente da torta obtida pela extração de óleo tradicional, é denominada torta PDS que é considerada um resíduo sólido industrial. A torta PDS de mamona apresenta alto potencial de uso como fertilizante orgânico, pois através de sua mineralização, libera elementos essenciais para a nutrição mineral dos vegetais, além disso, favorece a atividade dos microrganismos, promovendo melhorias nos atributos físicos e químicos do solo. Freitas (2009), Góes (2010) e Silva et al. (2012), avaliaram a torta PDS no cultivo de mamona e girassol, comprovando sua eficiência agrônômica como fertilizante orgânico.

Entretanto, devido ao uso do catalisador à base de NaOH na reação de transesterificação para a produção do biodiesel, a torta PDS acumula elevados teores de sódio, o que pode ser limitante a atividade dos organismos no processo de decomposição dos resíduos orgânico (GÓES, 2010; ZONTA, 2008).

Conhecer o tempo necessário para a decomposição de um material orgânico é importante na definição de estratégias do uso deste material, pois apresentando rápida mineralização atuam no pronto fornecimento de nutrientes às plantas. Enquanto que compostos com decomposição mais lenta atuam como condicionadores do solo. Entretanto a atividade dos microrganismos do solo, que atuam na decomposição do material orgânico, depende da interação de diversos outros fatores, que incluem: disponibilidade de substratos orgânicos, fatores ambientais (temperatura, umidade e aeração); relação C/N, pH e potencial redox do solo, disponibilidade de nutrientes minerais como N, P, S, Ca (MENDONÇA; MATOS, 2005; MIELNICZUK, 1999; SOUTO et al., 2009).

A respiração basal do solo tem sido considerada como boa indicadora da atividade biológica no solo, através dela, pode-se estimar a taxa de mineralização do adubo orgânico aplicado, obtendo-se informações que direcionam à práticas mais eficientes no manejo da fertilidade do solo. Conhecendo-se a velocidade de mineralização dos adubos orgânicos é possível, por exemplo, sincronizar a maior disponibilização de nutrientes com a época de maior demanda da cultura implantada.

Dentro deste panorama, a utilização de fertilizantes orgânicos, simples, mistos e compostos, produzidos a partir de resíduos orgânicos sem valor agregado e que inicialmente seriam um problema ambiental, representa uma alternativa de grande sustentabilidade (SILVA et al., 2011)

Em virtude da série de fatores que afetam a atividade dos microrganismos no solo há indícios de que o sódio presente na torta PDS de mamona possa prejudicar o processo de mineralização. Nesse sentido o tratamento da torta PDS visando a remoção do sódio poderia atenuar estes efeitos adversos. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a taxa de mineralização da torta PDS de mamona *in natura* e tratada, adicionadas em amostras de um CAMBISSOLO HÁPLICO da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do ensaio foram coletadas amostras da camada superficial (0-20 cm) de um CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico (EMBRAPA, 2006). As amostras foram coletadas, secas ao ar, destorroadas obtendo-se terra fina seca ao ar (TFSA). Após o preparo da amostra foi realizada análise granulométrica e análises para caracterização da fertilidade segundo EMBRAPA (1997). Os resultados obtidos foram de: 800 g kg⁻¹ de areia; 80 g kg⁻¹ de silte; 120 g kg⁻¹ de argila; pH (H₂O) 7,7; carbono orgânico (C) = 34,8 g kg⁻¹; P (Mehlich-1) = 33 mg kg⁻¹; H+Al = 0,8 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,23 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 7,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 4,4 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,03 cmol_c dm⁻³ e saturação por base (V%) = 94.

A torta PDS de mamona utilizada foi produzida na estação experimental da PETROBRAS/CENPES, localizada em Guamaré, RN no ano de 2007. Foi realizada análise de teores de nutrientes totais da torta PDS antes dos tratamentos, apresentando 31,4 g kg⁻¹ de N; 5,4 g kg⁻¹ de P; 11,2 g kg⁻¹ de K e 135 mg kg⁻¹ de Na e relação C/N de 1:10 segundo a metodologia preconizada pela Embrapa (1997). Devido aos teores de Na presente na torta PDS, este material é considerado resíduo do processo de produção do biodiesel.

Com intuito de reduzir os teores de sódio, submeteu-se torta a processos de dissolução com água destilada com posterior filtragem. Foram testadas diferentes proporções da relação torta (g) : água (mL) iguais a 1:1; 1:2; 1:4, para avaliar qual destas promoveria maior remoção de sódio com menor retirada de nutrientes essenciais às plantas. Em todos os tratamentos a massa de torta foi de 50g, variando apenas o volume de água destilada que foi de 50 mL na relação (1:1); 100 mL (1:2) e 200 mL (1:4).

Após homogeneização da torta com água nas diferentes proporções por 5 minutos, realizou-se a filtragem do extrato separando as frações sólida e

líquida. A fração sólida (torta PDS tratada) que ficou retida nos filtros de papel foi seca em estufa de ventilação forçada à 65 °C por 24h e posteriormente peneirada (com malha de 2,0 mm). Uma amostra da torta PDS sem tratamento (*in natura*) também foi seca e peneirada adotando-se os mesmos procedimentos. A torta PDS *in natura* e tratadas 1:1, 1:2 e 1:4, constituíram os objetos deste estudo e foram adicionadas ao solo para avaliação da sua mineralização.

A evolução de CO₂ foi quantificada por respirometria ou C mineralizável, sendo o método preconizado por Stotzky (1965) e adaptado por Mendonça e Matos (2005). O método baseia-se na captura do CO₂ liberado de uma amostra de solo, em solução de NaOH, sendo sua dosagem determinada por titulação com HCl. Com base na liberação de CO₂ é possível avaliar a mineralização da matéria orgânica e sua dinâmica em função do tempo nas condições avaliadas (SOUTO, 2009). Variações desse método vêm sendo utilizadas para avaliar a atividade microbiana na decomposição de vinhaça (SANTOS et al., 2009), assim como forma de monitoramento em áreas sujeitas a degradação ambiental (ARAÚJO et al., 2008).

Cada unidade experimental foi composta por um recipiente plástico de 500 cm³ hermeticamente fechado, onde foi homogeneizado 100g de TFSA e a respectiva quantidade de torta PDS, de acordo com os tratamentos. Visto a necessidade de água no processo de mineralização foi adicionado à mistura (solo+torta) quantidade de água suficiente para elevar a umidade do solo para 80% da capacidade de campo, com base na capacidade de retenção de água do solo. Após aplicação da água, os recipientes foram fechados e colocados em local escuro, com temperatura média de 25 °C. A abertura dos recipientes ocorreu somente por ocasião das leituras (substituição da solução de NaOH), ficando abertos por 15 minutos para as trocas gasosas com o meio.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (6x4) com três repetições. O primeiro fator correspondeu as doses de torta PDS (0 Mg ha⁻¹, 5 Mg ha⁻¹, 10 Mg ha⁻¹, 20 Mg ha⁻¹, 40 Mg ha⁻¹, 80 Mg ha⁻¹ e 160 Mg ha⁻¹, equivalendo a 0 g vaso⁻¹, 6,25 g vaso⁻¹, 12,5 g vaso⁻¹, 25 g vaso⁻¹, 50 g vaso⁻¹, 100 g vaso⁻¹ e 200 g vaso⁻¹) e o segundo, o estado da torta, *in natura* e tratada com diferentes proporções torta:água (1:1; 1:2; 1:4). Totalizando 72 unidades experimentais (UE), contando ainda com três provas em branco (apenas solução) e três controles (apenas o solo).

O CO₂ emitido durante a mineralização foi capturado em 30 ml de NaOH 0,5 mol L⁻¹ acondicionada em copo plástico dentro de cada unidade experimental. Durante o ensaio procederam-se avaliações às 18h dos dias 1, 2, 3, 7, 11, 15, 19, 23, 29 e 32. Em cada avaliação foi renovada a solução de NaOH. A avaliação consistiu na titulação de 10 ml

(1/3) da solução de captura, em erlenmeyers contendo 10 ml de cloreto de estrôncio 0,05 mol L⁻¹. Após a adição de três gotas do indicador fenolftaleína titulou-se com HCl 0,25 mol L⁻¹ até o ponto de viragem (rosa para incolor).

A emissão de C-CO₂ (mg) foi estimada pela seguinte equação:

$$C - CO_2 = (B - V) \cdot M \cdot 6 \cdot (V1/V2)$$

Onde B é o volume (ml) gasto na titulação da prova em branco, V é o volume (ml) de ácido gasto na titulação de cada amostra, M é concentração molar do ácido utilizado na titulação e $V1/V2$ é a razão entre o volume de NaOH usado na captura do CO₂ em relação ao volume usado na titulação.

Paralelamente, amostras da torta PDS *in natura* e tratadas foram submetidas à análise para determinação dos teores totais de N, P, K e Na conforme metodologia descrita por Tedesco (1995). Os teores de Na, K, Ca e Mg trocáveis e P assimilável do solo foram determinados conforme Embrapa (1997), sendo calculado a porcentagem de sódio trocável (PST).

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de homogeneidade de variâncias (Cochran) e normalidade dos erros (Bartlett), com posterior análise de variância. Foi também realizada, análise de regressão e teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAEG (2007) versão 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de N, P, K e Na da torta PDS *in natura*, e das tortas PDS submetidas a lavagem em distintas proporções de água. Pode-se observar a redução gradativa nos teores de sódio em função do aumento da relação torta:água. Enquanto que na torta PDS *in natura* o teor de Na foi de 135 mg kg⁻¹, os tratamentos 1:1, 1:2 e 1:4 permitiram uma significativa redução para 98, 72 e 50 mg kg⁻¹. Entretanto, apesar do tratamento 1:4 apresentar-se mais promissor na remoção de Na da torta, houve também uma significativa perda de nutrientes essenciais, principalmente N e K. Verifica-se, portanto, que o aumento do volume de água para remoção do sódio, acentua a lixiviação desses nutrientes.

Como tratamento da torta PDS visa a redução nos teores de Na com a menor perda possível de nutrientes, o tratamento 1:2 apresenta-se como mais eficaz. Em relação aos teores médios de P não foram constatadas diferenças significativas em função do volume de água aplicado.

Tabela 1. Valores totais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) presentes na torta PDS *in natura* e tratada.

Torta PDS de Mamona	N	P	K	Na
	----- (g kg ⁻¹) -----			-- (mg kg ⁻¹) --
<i>In natura</i>	31,4 a*	5,4 b	11,2 a	135 a
Tratada 1:1	20,1 b	6,2 ab	9,2 b	98 b
Tratada 1:2	19,0 b	5,5 b	5,8 c	72 c
Tratada 1:4	13,4 c	6,2 ab	6,6 c	50 d

*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No processo de produção do biodiesel utiliza-se como catalisador sais à base de sódio (NaOH ou KOH) sendo o segundo sal de maior valor o que aumenta o custo da produção. Em consequência disso, a torta PDS pode conter teores de sódio potencialmente causadores de salinidade do solo podendo prejudicar os vegetais.

Houve redução significativa nas concentrações de Na e K trocáveis e do P assimilável em decorrência da lavagem da torta PDS de mamona (Tabela 2). Na maior proporção torta:água, a remoção do sódio foi de 32%, quando comparado à torta

in natura, consequentemente, a porcentagem de sódio trocável (PST) reduziu de 15,6% para 10%. A PST é um parâmetro utilizado para a classificação de solos salinos (FREIRE et al., 2003), que assume caráter sódico quando acima de 15% (RAMALHO; BEEK, 1995). No entanto, estudos têm demonstrado que esse valor pode variar em função de vários fatores, inclusive da textura do solo (CORWIN e LESCH, 2005). Nesse sentido, a aplicação da torta PDS de mamona, tratada ou até mesmo *in natura* ao solo pode não ser potencialmente prejudicial quando utilizada com parcimônia.

Tabela 2. Teores de sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) trocáveis, fósforo (P) assimilável e porcentagem de sódio trocável (PST) presentes na torta PDS *in natura* e tratada.

Torta PDS de Mamona	Na	K	Ca	Mg	P	PST
	----- (cmol _c kg ⁻¹) -----				mg kg ⁻¹	%
<i>In natura</i>	1,13 a*	0,88 a	3,33 a	1,90 a	33,33 a	15,6 a
Tratada 1:1	1,00 b	0,86 a	2,70 a	2,60 a	27,53 b	14,0 ab
Tratada 1:2	0,84 c	0,75 ab	2,80 a	2,77 a	24,40 b	11,8 bc
Tratada 1:4	0,77 c	0,70 b	2,93 a	3,27 a	26,97 b	10,0 c
CV (%)	4,84	6,80	21,27	24,66	4,40	6,85

*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Em relação ao K trocável, as perdas atingiram valores de até 20% em relação a concentração inicial da torta, demonstrando a alta facilidade de lixiviação desse elemento, o que pode ser decorrente de este ser um cátion monovalente. Diversos trabalhos confirmam essa predisposição do potássio, que é aumentada principalmente em solos arenosos e de baixa capacidade de troca catiônica (ALBUQUERQUE et al., 2011). Os teores de Ca e Mg trocáveis não foram influenciados pelos tratamentos utilizados.

Para a dinâmica da mineralização (Figura 1), observa-se que os maiores valores de liberação do CO₂ ocorreram durante a primeira semana de incubação, independente do tratamento utilizado. Os resultados são concordantes com os padrões observados por Severino et al. (2005), os quais avaliaram a mineralização da torta de mamona obtida pelo processo de produção de biodiesel tradicional, em comparação com esterco bovino e bagaço de cana. Também foi constatada uma rápida mineralização da torta, sendo

esta de 6 e 14 vezes mais rápida em comparação com a mineralização do esterco bovino e bagaço de cana, respectivamente. Esses autores concluíram que a mineralização da torta de mamona foi mais intensa em comparação com os outros dois materiais, podendo esse padrão ser justificado pelas características intrínsecas de cada material testado, principalmente a baixa relação C/N da torta de mamona em relação aos demais.

Resultados semelhantes foram obtidos por Freitas (2009), que avaliou a taxa de mineralização de duas diferentes tortas de mamona em um PLANOSSOLO HÁPLICO e observou maior liberação de CO₂ ou mineralização do sétimo até décimo segundo dia de incubação.

Em relação à liberação de CO₂ devido à mineralização da torta PDS, aproximadamente 50% de todo carbono foi respirado na primeira semana de incubação, sendo que 30% durante os três primeiros dias. Com base nestes resultados verifica-se que as

doses de torta aplicadas, independentemente do tratamento de redução da salinidade, não influenciaram

na velocidade de mineralização desse material.

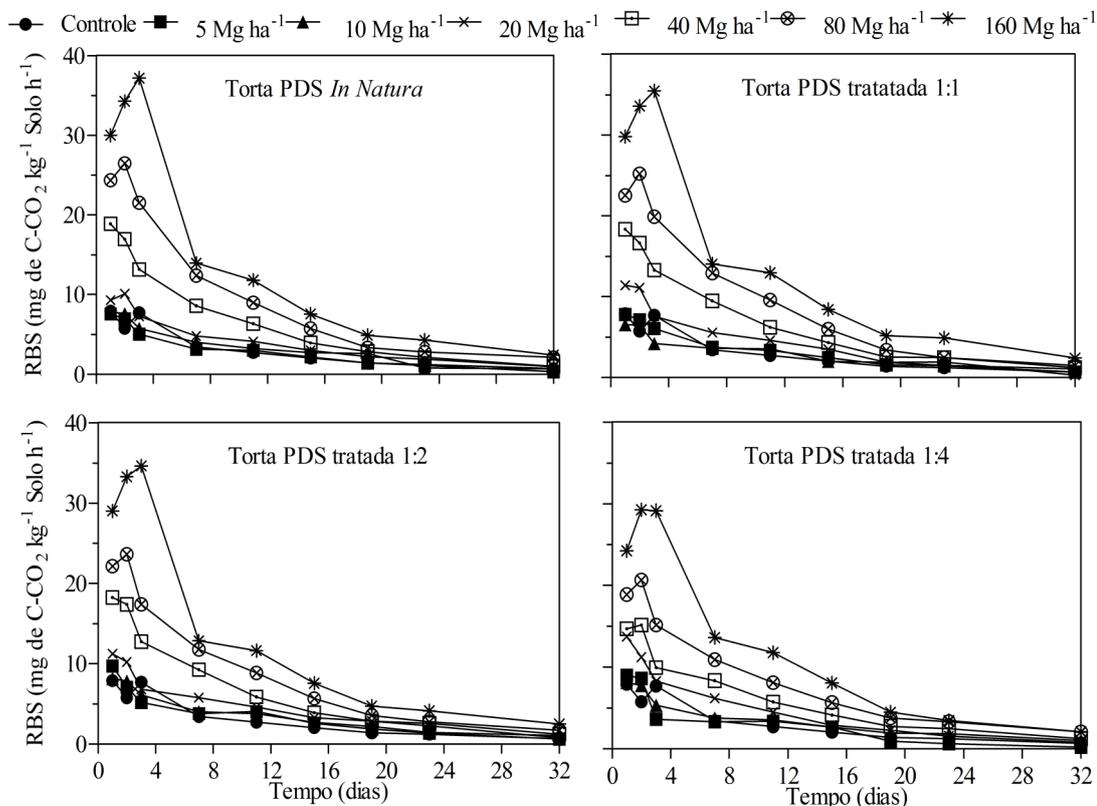


Figura 1. Respiração basal do solo (RBS) incubado com doses de torta PDS de mamona *in natura*, e tratada nas proporções 1:1, 1:2 e 1:4 em função do tempo. Média de três repetições.

O tempo necessário para que determinado material orgânico seja decomposto e em função de diversos fatores, incluindo as condições do meio onde ocorre a decomposição e as intrínsecas ao material, principalmente a relação C/N. A torta PDS de mamona tem uma relação C/N em torno de 10, resultando em rápida mineralização pelos microrganismos, quando adicionada ao solo (SILVA et al., 2012).

A respiração de CO₂ acumulada até os 32 dias, apresentou padrão linear em função da quantidade de torta adicionada (Figura 2), indicando um efeito benéfico na ação da microbiota do solo, em resposta a esta aplicação.

Em relação à respiração basal do solo (RBS) acumulada, observa-se que não houve diferença significativa na mineralização entre a torta PDS *in natura* e a tratada em todas as doses utilizadas. A partir dos resultados encontrados constata-se que os processos de lavagem para redução da concentração salina da torta PDS não afetaram sua mineralização, seja pela adaptação da microbiota do solo a tais con-

dições ou pela existência de outro fator mais limitante. Observou-se também que os teores de sódio na torta *in natura*, não prejudicaram o processo de decomposição da torta PDS nas doses testadas.

Estudo, realizado por Pereira et al. (2004) em solo irrigado com rejeitos salinos, mostrou que durante o cultivo com *Atriplex nummularia*, não houve diferença na RBS em relação ao controle. Da mesma forma, Silva Júnior et al. (2009) ao avaliarem efeitos da salinidade na atividade microbiana em um ARGISSELO AMARELO, concluíram que a respiração basal do solo aumenta com a adição de matéria orgânica, mesmo em níveis elevados de salinidade.

A resposta positiva na emissão de CO₂ em função do aumento da dose de torta PDS seja *in natura* ou tratada, é decorrente do aumento da atividade dos microrganismos do solo. Além disso, a adubação orgânica é uma importante fonte de nutrientes essenciais aos vegetais, aumentando a capacidade de retenção de água no solo e de troca catiônica, diminuindo as perdas por lixiviação de nutrientes essenciais às plantas (LIMA et al., 2008).

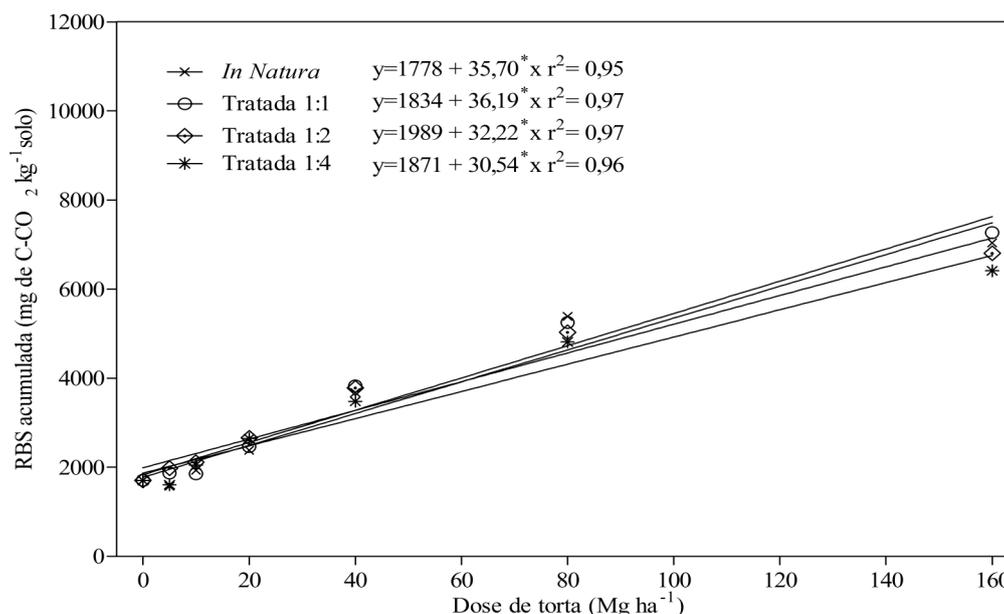


Figura 2. Regressão linear da respiração basal do solo (RBS) acumulada em 32 dias de incubação em resposta às doses de torta PDS de mamona *in natura* e tratada nas proporções 1:1, 1:2 e 1:4. *Significativo a 1% de probabilidade.

CONCLUSÃO

A taxa de mineralização da torta PDS de mamona em um CAMBISSOLO HÁPLICO não é influenciada pelos níveis de sódio presentes na torta *in natura* e tratada.

O tratamento da torta PDS com água é eficaz na redução nos teores de sódio total e trocável, mas como consequência há perdas de N e K.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a Petrobras.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, K. D. et al. Avaliação da atividade microbiana baseada na produção de C-CO₂ em uma área de caatinga no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 221-230, 2008.

ALBUQUERQUE, F. S. et al. Lixiviação de potássio em um cultivo de pimentão sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 135-144, 2011.

CORWIN, D. L.; S. M., LESCH. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**. Elsevier v. 46, p. 11-43. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997.

212 p. (Documentos, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FREITAS, F. C. **Uso de resíduo orgânico da produção direta de biodiesel na atenuação dos efeitos de hidrocarbonetos de petróleo no solo**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

FREIRE, M. B. G. S.; et al. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2003.

GÓES, G. B. R. C. **Adubação do girassol com torta de mamona da produção de biodiesel direto da semente**. 2010. 63 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

LIMA, R. L. S. Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 102-106, 2008.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005. 107 p.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CA-

- MARGO, F. A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. v. 1, p. 1-8.
- PEREIRA, S. V. et al. Atividade microbiana em solo do semi-árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 757-762, 2004.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1 (SAEG). Fundação Arthur Bernardes. Viçosa: UFRV, 2007.
- SANTOS, T. M. C. et al. Fertirrigação com vinhaça e seus efeitos sobre evolução e liberação de CO₂ no solo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 141-145, 2009.
- SEVERINO, L. S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e casca de mamona estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2005.
- SILVA JÚNIOR, J. M. T. et al. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 378-382, 2009.
- SILVA, S. D. **Efeito do uso de torta de mamona do processo de produção de biodiesel direto da semente em solo da Chapada do Apodi - RN**. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.
- SILVA, P. R. D.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. Avaliação do potencial agrônomico de vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 565-571, 2011.
- SILVA, S. D. et al. Uso da torta de mamona como fertilizando orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 19-27, 2012.
- SOUTO, P. C et al. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no Semi-Árido da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 52-58, 2009
- STOTZKY, G. **Microbial respiration**. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. American Society Agronomy, Madison, 1965. p. 1550-1572.
- TEDESCO, M. J. et. al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, n. 5)
- ZONTA, E.; et. al. **Potencial de aplicação da torta de mamona na agricultura, na remediação de áreas impactadas e na recuperação de áreas degradadas**, 2008. 97 p. (Relatório Técnico, Petrobrás).