



Alterações de curto prazo na matéria orgânica do solo pelo uso de adubos orgânicos⁽¹⁾.

Carlos Eduardo Pacheco Lima⁽²⁾; Mariana Rodrigues Fontenelle⁽³⁾, Luciana Rodrigues Borba Silva⁽⁴⁾; Daniel Basílio Zandonadi⁽³⁾, Ronessa Bartolomeu Souza⁽⁵⁾; Carlos Alberto Lopes⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

⁽²⁾ Pesquisador; Embrapa Hortaliças; Brasília, DF; carlos.pacheco-lima@embrapa.br; ⁽³⁾ Pesquisadores; Embrapa Hortaliças; ⁽⁴⁾ Graduandas em Agronomia, ICESP-Promove; ⁽⁵⁾ Pesquisadora, Embrapa.

RESUMO: Tem sido pontuado na literatura científica que o uso de adubos orgânicos pode incrementar os teores de matéria orgânica do solo e de suas frações. Entretanto, dentro desse contexto, ainda existem muitas lacunas de conhecimento ainda existentes. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do uso de bokashis sobre frações granulométricas da matéria orgânica do solo e sobre os teores de Carbono Orgânico Total. Para tal, foi implementado um experimento em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições e esquema fatorial $2 \times 3 + 2$, quais sejam: dois solos – Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) e Cambissolo Háplico Tb Distrófico (CXbd); três bokashis – bokashi de gado (BG), bokashi de aves (BA) e bokashi Embrapa (BE), e dois controles (os dois tipos de solos sem adição de bokashis). O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em bandejas com capacidade para 10 kg de solo. Nestas, foram cultivadas plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* cv. San Vito) em dois ciclos, perfazendo um total de 90 dias. Foram quantificados os teores de Carbono Orgânico Particulado (COP), Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM) e Carbono Orgânico Total (COT). Os resultados mostraram que a adição de bokashis incrementou os teores de COP. O LVd manteve maiores teores de COP, COAM e COT que o CXbd. O BG manteve os maiores teores de COP no CXbd. O BG também manteve os maiores teores médios de COT.

Termos de indexação: Carbono Orgânico Particulado, Carbono Orgânico Associado aos Minerais e Carbono Orgânico Total.

INTRODUÇÃO

O uso de fertilizantes orgânicos pode contribuir com incrementos na qualidade do solo, com destaque para a melhoria dos teores de matéria orgânica dos solos (MOS) e todos os benefícios a ela associados, com efeitos benéficos às culturas agrícolas (Boechat et al., 2013; Seran & Suthamathy, 2013). A utilização de resíduos orgânicos na produção agrícola é milenar, porém, no

Brasil, o uso mais intensivo e sistematizado desses resíduos teve início no fim da década de 80 do século passado, tendo como objetivos o suprimento nutricional, bem como o controle de doenças e pragas, entre outros (Siqueira & Siqueira, 2013).

Dentre os adubos orgânicos normalmente utilizados, os Bokashis têm papel de destaque. Estes insumos agrícolas são fertilizantes orgânicos, compostos de restos vegetais (resíduos agroindustriais) e esterco que passam por um processo de fermentação controlada (Siqueira & Siqueira, 2013). Os Bokashis são inoculados com uma solução de microrganismos efetivos. Alguns bokashis ainda são enriquecidos com outros materiais como farinha de ossos, torta de mamona, pó de rocha, calcário, peixes, melaços, entre outros.

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica permite quantificar duas frações orgânicas distintas - o carbono orgânico particulado (COP) e o carbono orgânico associado aos minerais (COAM) – podendo ser utilizada para verificar tal equilíbrio. A fração COP é constituída de materiais prontamente disponíveis para a decomposição, tais como folhas, raízes e restos animais, estando associados à fração areia do solo, que apresenta partículas com diâmetro maior que 0,53 μm , sendo uma estimativa de parte da fração lábil da MOS. Já a fração COAM, por sua vez, pode ser entendida como uma estimativa da fração recalcitrante da MOS e é constituída por matéria orgânica em avançado grau de decomposição, estando fortemente ligadas aos minerais do solo, com diâmetro menor que 0,53 μm (Cambardella & Elliott, 1992).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de curto prazo de três diferentes bokashis sobre as frações granulométricas e de Carbono Orgânico Total, em um Latossolo Vermelho Distrófico e em um Cambissolo Háplico Tb Distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em casa de vegetação, na Embrapa Hortaliças, situada na área rural do Gama, Distrito Federal, nas coordenadas geográficas 15°56' S e 48°08' W e altitude de 997,6



m. O clima da região segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw (tropical de savana com concentração de chuvas no verão). Ele foi conduzido no outono de 2013. Para condução do experimento foi utilizado a cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*), cultivar San Vito, em dois ciclos, até o início da frutificação. O primeiro ciclo durou 30 dias, seguido por um intervalo de trinta dias para formação das mudas que seriam utilizadas no segundo ciclo e, por fim, 30 dias de condução do segundo ciclo. Todo esse período, mesmo no intervalo entre os ciclos produtivos, foi realizada a irrigação das parcelas experimentais.

A condução do experimento se deu em bandejas de plástico de 40X20X10 cm, com capacidade para 10 kg de solo. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 2x3+2, sendo dois solos (Latossolo Vermelho Distrófico típico - LVd e Cambissolo Háplico Tb Distrófico Típico - CXbd), três bokashis (Bokashi de Gado, Bokashi de Aves e Bokashi Embrapa) e dois controles (mesmos solos não adubados, exceto pela adição de palha de arroz e de calcário no LVd).

Os Bokashis de Gado (BG) e o de Aves (BA) foram adquiridos comercialmente. O Bokashi Embrapa (BE), por sua vez, é composto por restos vegetais, cama de aviário, além de outros compostos orgânicos como farinhas de osso e torta de mamona, inoculados com uma solução de microrganismos efetivos (EM) e submetido ao processo de fermentação.

Foram adicionados, respectivamente, 650 g por caixa de BG, 460 g por caixa de BA e 450 g por caixa de BE, para cada tipo de solo. A massa de cada bokashi foi adicionada de forma a alcançar um teor de N de 2500 kg.ha⁻¹. A coleta dos solos foi realizada após 90 dias.

A determinação dos teores de COT e de suas frações físicas foi realizada pelo método Walkey-Black. Já o fracionamento físico da matéria orgânica foi realizado pelo método proposto por Cambardela e Elliot (1992). Os teores de COAM foram quantificados pela diferença entre os teores de COT e COP.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5 %. Quando significativo este teste, as diferenças entre as médias foram verificadas pelo teste de Scott-Knott ao mesmo nível de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dispostos na **tabela 1** mostram que a adição de bokashis teve efeito, quando comparado aos solos que não receberam estes insumos, apenas para a fração COP. Estes resultados devem estar ligados à maior labilidade dessa fração e ao seu maior potencial de resposta quando da

ocorrência de alterações de curto prazo. Para esta fração ainda foi encontrada interação significativa entre os fatores avaliados. Nesse sentido, o LVd apresentou sempre maiores teores que o CXbd, enquanto diferenças estatísticas não foram encontradas entre os teores mantidos pelos diferentes bokashis. Estes resultados evidenciam, provavelmente, o maior potencial de acúmulo de matéria orgânica pelo LVd. Por fim, os bokashis apresentaram-se com potencial semelhante de adição dessa fração da matéria orgânica para os dois solos estudados.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os teores de COAM mantidos pelos fatores em relação aos controles. Este fato pode estar ligado à alta estabilidade dessa fração, o que a torna pouco responsiva a alterações de curto prazo. Comportamento idêntico foi encontrado para o COT, fato esse esperado, pois, em solos tropicais, a maior parte do COT é composta de material de alta estabilidade, quantificada pela fração COAM. No presente trabalho, a média dos tratamentos fatoriais mostra que a fração COAM representou 75,9 % do COT. Por outro lado, a média dos controles mostra que esta fração correspondeu a 73,1 % do COT.

A ausência de diferença estatística entre os teores médios de COAM e COT entre os tratamentos controles e os fatoriais não permite inferir que a adição de bokashi promoveu estabilização da MOS, apesar da diferença numérica relativamente grande encontrada (48,59 g.kg⁻¹ e 76,52 g.kg⁻¹; 100,87 g.kg⁻¹ e 66,47 g.kg⁻¹ respectivamente para COAM e COT relacionados aos tratamentos sem adição de bokashi e com adição de bokashi). Não obstante, a menor sensibilidade das frações COAM e COT a alterações de curto prazo ou em horizontes superficiais nos sistemas de manejo em agricultura orgânica têm sido relatada em trabalhos como aquele de Loss et al., 2011.

Para a fração COAM, foram observados efeitos significativos da interação entre o fator solos e o fator bokashis. O desdobramento da interação mostra que o LVd manteve, para todos os bokashis, maiores teores dessa fração orgânica. Os bokashis tiveram efeito semelhante sobre os teores de COAM no LVd, enquanto que no CXbd, observou-se que os maiores teores desta fração foram mantidos pelo BG, seguido pelo BA e então para o BE. Aparentemente, o LVd é menos susceptível às mudanças provocadas pela adição desses insumos orgânicos sobre os teores de COAM que o CXbd. Podem ser pontuadas, como explicações para esses resultados, que a presença natural de maiores teores de matéria orgânica estável no LVd, bem como os mecanismos mais efetivos de estabilização da MOS nesse solo, resultem em menor resposta desse da fração COAM nesse solo



a adição de insumos orgânicos. É possível também que, seguindo essa linha de raciocínio, o CXbd seja mais dependente da adição de fontes externas de MOS estabilizada que o LVd, sendo esta portanto de suma importância para a melhoria da qualidade do primeiro.

Com relação ao COT, foram observados efeitos dos solos e dos bokashis, individualmente. Assim, os maiores teores de COT foram encontrados para o LVd, quando comparado ao CXbd. Nas amostras de solos que receberam BG foram encontrados ainda os maiores teores de COT, seguido por aquelas que receberam BA e BE, que mantiveram teores similares.

O maior teor das frações avaliadas e do COT no LVd pode ser explicado por diversas razões. Six et al. (2002) relata que a estabilização da MOS é consequência de uma série de fatores ou processos, tais como a recalcitrância das próprias moléculas orgânicas, a ligação à superfície dos minerais de argila e a inacessibilidade da MOS aos microrganismos quando protegida em agregados estáveis do solo. Nesse sentido, o teor de frações recalcitrantes nos solos depende, entre outros, da qualidade dos compostos orgânicos aportados, das condições climáticas e das propriedades dos solos (Giardina & Ryan, 2000). Os latossolos apresentam como uma de suas principais características a estrutura forte granular, cuja gênese pode ser fortemente influenciada pela elevada presença de óxidos de ferro e alumínio em sua composição mineralógica (Ferreira et al., 1999). A proteção física da MOS fresca por oclusão nesses agregados estáveis é um importante mecanismo que restringe sua decomposição em Latossolos (Piccolo & Mbagwu, 1999). Além disso, as moléculas orgânicas podem apresentar-se estabilizadas por ligações intermoleculares como atração eletrostática, ligações de hidrogênio e troca de ligantes com os óxidos e oxihidróxidos (Zech et al., 1997), sendo estes constituintes comumente encontrados em maiores teores nos Latossolos. Por fim, o alto grau de desenvolvimento dos Latossolos pode levar a uma espécie de "seleção natural" de moléculas orgânicas mais estáveis. Esta possível "seleção" de moléculas recalcitrantes é sugerida por Lorenz et al., 2007.

CONCLUSÕES

Nas condições experimentais neste trabalho utilizadas, a fração COP foi aquela mais responsiva à adição dos bokashis.

Não foram observadas respostas das frações COAM e COT à adição dos bokashis.

O LVd apresentou maiores teores das frações granulométricas e do COT que o CXbd.

As alterações de curto prazo observadas, permite inferir que o CXbd apresentou-se mais dependente da adição de fontes externas de matéria orgânica estável que o LVd.

REFERÊNCIAS

- BOECHAT, C. L.; SANTOS, J. A. G.; ACCIOLY, A. M. A. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with "Fermented Bokashi Compost". Maringá, v. 35, p. 257-264, 2013.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.56, p.777-783, 1992.
- FERREIRA, M. M. FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23, p.507-514, 1999.
- GIARDINA, C. P., RYAN, M. G. Evidence that decomposition rates of organic carbon in mineral soil do not vary with temperature. Nature, 404, 858-861, 2000.
- LORENZ, K.; LAL, R. The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potential of carbon sequestration in subsoil horizons. Advances in Agronomy, v. 88, p. 35-66, 2005.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C. DOS; SILVA, E. M. R. DA. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. Idesia, v. 29, p. 11-19, 2011.
- PICOLLO, A.; MBAGWU, J. S. C. Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. Soil Science Society of America, v. 63, p. 1801-1810, 1999.
- SERAN, T. H.; SUTHAMATHY, N. Effect of combined application of cattle manure and EM on the yield and yield components of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Bangladesh Journal of Agricultural Research, v. 38, p. 1-9, 2013.
- SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. F. Bokashi: adubo orgânico fermentado. Rio de Janeiro: Pesagro-Rio, 2013. 16 p. (Manual Técnico).
- SIX, J., CALLEWAERT, P., LENDERS, S., GRYZE, S. D., MORRIS, S. J., GREGORICH, E. G., PAUL, E. A., PAUSTIAN, K. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. Soil Science Society of America Journal, 66, 1981-1987, 2002.
- ZECH, W., SENESI, N., GUGGENBERGER, G., KAISER, K., LEHMANN, J., MIANO, T. M., MILTNER, A., SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. Geoderma, 79, 117-161, 1997.



Tabela 1 - Médias de COAM, COP e COT avaliados em um LVd e um CXbd fertilizados com bokashis e cultivados com tomate.

Tratamento	COAM	COPc*	COT
		g.kg ⁻¹	
Fatorial*Adicional			
Fatorial	76,52 ^{ns}	24,35 a	100,87 ^{ns}
Adicional	48,59 ^{ns}	17,88 b	66,47 ^{ns}
Solo			
LVd	---	---	121,71 a
CXbd	---	---	80,03 b
Bokashi			
BA	---	---	100,04 b
BC	---	---	95,04 b
BG	---	---	107,53 a
Desdobramento de solos dentro de cada nível de bokashi			
Solos*BA			
LVd*BA	84,25 a	35,80 a	---
CXbd*BA	69,91 b	10,12 b	---
Solos*BC			
LVd*BC	82,49 a	37,56 a	---
CXbd*BC	58,64 b	11,39 b	---
Solos*BG			
LVd*BG	82,27 ^{ns}	42,76 a	---
CXbd*BG	81,56 ^{ns}	8,46 b	---
Desdobramento de bokashis dentro de cada nível de solo			
LVd*Bokashis			
LVd*BA	84,25 ^{ns}	35,80 ^{ns}	---
LVd*BC	82,49 ^{ns}	37,56 ^{ns}	---
LVd*BG	82,27 ^{ns}	42,76 ^{ns}	---
CXbd*Bokashis			
CXbd*BA	69,91 b	10,12 ^{ns}	---
CXbd*BC	58,64 c	11,39 ^{ns}	---
CXbd*BG	81,56 a	8,46 ^{ns}	---
CV (%)	14,24	8,79	12,57

Médias seguidas pela mesma letra (coluna) não diferenciam-se entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. ^{ns} = não significativo a 5 % pelo teste F; CXbd = Cambissolo Háplico Tb Distrófico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; BA = Bokashi de aves; BC = Bokashi CNPH; BG; Bokashi de gado.