

Efeitos da adição de resíduo agroindustrial sobre a fertilidade de solo degradado, compactado ou não.

Mizobata K.K.G.S.⁽¹⁾, Maltoni K.L.⁽²⁾, Cassiolato, A.M.R.⁽³⁾.

⁽¹⁾ Estudante; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)/Câmpus de Ilha Solteira, São Paulo; Kelliankenji@gmail.com; ⁽²⁾ Professora Assistente-Doutora; UNESP/Câmpus de Ilha Solteira, São Paulo; maltoni@agr.feis.unesp.br; ⁽³⁾ Professora Assistente-Doutora; UNESP/Câmpus de Ilha Solteira, São Paulo; anamaria@bio.feis.unesp.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de resíduo agroindustrial sobre a fertilidade em solo degradado, compactado e não compactado. O experimento foi conduzido, na UNESP/Câmpus de Ilha Solteira, em cultivo protegido, em vaso, com solo degradado, 03 doses de resíduo agroindustrial (0, 15 e 30 t ha⁻¹), duas densidades (1,0 e 1,5 g cm⁻³) e duas plantas indicadoras (*Astronium fraxinifolium* e *Dipteryx alata*). Os resultados mostram que o resíduo agroindustrial (RA), elevou o pH, os teores de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ do solo degradado.

Termos de indexação: Cerrado, cinza do bagaço da cana-de-açúcar.

INTRODUÇÃO

Toneladas de resíduos, industriais e agrícolas, são geradas no processo de transformação de matérias-primas. Parte destes resíduos não possui aplicação específica e pode gerar problemas ambientais. O Noroeste do Estado de São Paulo e seu entorno têm assumido lugar de destaque em termos agroindustriais, devido à implantação de usinas do setor sucroalcooleiro, produzindo açúcar, álcool e resíduos (Freitas, 2005).

O destino corrente dos milhões de toneladas de cinza, produzidas tem sido o solo, onde é aplicada como material de descarte (Freitas, 2005), mas sua utilização no processo produtivo pode ser ambiental e economicamente viável, pois 01 t de cinza equivale a 0,5 toneladas de calcário (Brunelli & Pisani Jr., 2006).

Neste trabalho avalia-se a fertilidade em solo de cerrado degradado, compactado e não compactado, onde o resíduo agroindustrial foi utilizado como condicionante do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em cultivo protegido, na UNESP/Câmpus de Ilha Solteira. O solo foi coletado na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em área degradada, onde ocorreu remoção dos horizontes superficiais do solo, em cortes de até 10 m de profundidade, na década de 60. Este material

foi peneirado (4 mm), parte foi colocado em vasos plásticos (1 L), onde foi compactado até atingir densidade de 1,5 g cm⁻³ e parte em sacos para mudas (2 L), tratamento sem compactação. Os tratamentos, consistiram de 3 doses de resíduo agroindustrial (0, 15 e 30 t ha⁻¹), duas densidades (1,0 e 1,5 g cm⁻³) e duas plantas (*Astronium fraxinifolium* Schott e *Dipteryx alata* Vog.), que foram irrigadas com água purificada em sistema de osmose reversa.

O material de solo utilizado tem textura argilosa (482 g kg⁻¹ areia; 101 g kg⁻¹ silte e 417 g kg⁻¹ argila; Embrapa, 1997) e baixa disponibilidade de nutrientes (P= 3,0 mg dm⁻³; pH_{CaCl2}= 4,5; MO= 10,0 g dm⁻³; K= 0,6 mmol_c dm⁻³; Ca= 1,0 mmol_c dm⁻³; Mg= 1,0 mmol_c dm⁻³; Al= 5,0 mmol_c dm⁻³; H+Al= 26,0 mmol_c dm⁻³; CTC= 29,0 mmol_c dm⁻³; SB= 2,4 mmol_c dm⁻³ e V= 8,3 %) (Raij et al., 2001).

O resíduo agroindustrial, cinza produzida pela queima do bagaço da cana de açúcar, em caldeiras, nas usinas de produção de açúcar e álcool, foi doado por uma Usina da região. Este resíduo apresenta em análise de fertilidade (Raij et al., 2001) P= 167,0 mg dm⁻³; pH_{CaCl2}= 8,9; MO= 28,0 g dm⁻³; K= 36,6 mmol_c dm⁻³; Ca= 242,0 mmol_c dm⁻³; Mg= 23,0 mmol_c dm⁻³ e Al= 0,0 mmol_c dm⁻³, ressalta-se que esta análise indica apenas os teores disponíveis e não os totais presentes no material.

As sementes de *D. alata* e *A. fraxinifolium* foram introduzidas em 10 de setembro de 2011, duas a duas, nas unidades experimentais, que foram preparadas e irrigadas inicialmente em agosto, em 20 de novembro de 2011, foi feito o desbaste, deixando 01 planta por unidade experimental. Em 20 de junho de 2012, sete meses após o desbaste, as mudas foram coletadas, o sistema radicular separado do solo manualmente e com o auxílio de peneiras. O substrato (material de solo adicionado de resíduo), após 10 meses da adição do resíduo orgânico, foi então analisado para fertilidade (Raij et al., 2001) e os dados obtidos foram analisados estatisticamente (blocos casualizados, com parcelas subdivididas e 7 repetições) com o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença das plantas não alterou a fertilidade do substrato (**Tabela 1**). As doses de resíduo agroindustrial incorporados ao material de solo influenciaram MO, pH, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e CTC, sendo esta última variável resultado da soma das bases e do alumínio trocáveis, não será discutida (**Tabela 1**).

Embora o conteúdo de P indicado como disponível no resíduo agroindustrial seja da ordem de $167,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e o P do material de solo utilizado seja de $3,0 \text{ mg dm}^{-3}$, os resultados mostram ausência de influência da cinza sobre o material de solo (**Tabela 1**). Sabe-se que o P é um elemento de baixa mobilidade no solo e que pode ser adsorvido por óxidos de ferro e hidróxidos de alumínio encontrados na fração argila, processo importante na presença de pH ácido e solos bastante intemperizados, passando o P à situação de adsorvido, deixa de ser disponível às plantas (Mehadi & Taylor, 1998; Brennam et al., 1994; Fontes & Weed, 1996; Bedin et al., 2003). Isto explica parcialmente a ausência de efeitos da aplicação do resíduo ao material de solo, que é argiloso (417 g kg^{-1} argila), ácido (pH varia de 4,00 a 4,75) e, por ser vermelho, indica presença de óxidos de ferro do tipo hematita (Schwermann, 1993).

O conteúdo de MO no substrato foi influenciado, linear e positivamente, pelas doses do resíduo agroindustrial aplicadas ($Y = 6,6389^{**} + 0,2500x^{**}$, $R^2 = 0,9643$), bem como pela interação destas doses com a densidade, onde se verifica que o maior conteúdo de MO ($7,83 \text{ g dm}^{-3}$) ocorre na maior dose de resíduo agroindustrial e na maior densidade.

Na maior dose do resíduo os incrementos em MO são atribuídos ao aporte produzido pela adição do mesmo que, embora calcinado em caldeira, apresenta $28,0 \text{ g dm}^{-3}$ de MO. Na realidade o carbono presente se deve a combustão incompleta do bagaço, como também observado por Cordeiro et al. (2009) e Payá et al. (2002). Considerar que este resultado foi significativo na maior densidade indica a necessidade de estudos mais detalhados para uma adequada interpretação do processo, pois isto leva a inferir que a MO foi preservada nas unidades experimentais de maior densidade, pois diminui a presença de O_2 e dificulta a ação dos microrganismos decompositores, protegendo a MO (Mayer et al., 2004; McCarthy et al., 2008).

O pH do solo (**Tabela 1**) respondeu positiva e linearmente às doses crescentes de resíduo aplicadas ($Y = 3,6389^{**} + 0,3750x^{**}$, $R^2 = 0,9959$). O resíduo agroindustrial apresenta pH=8,9, adiciona bases e, assim, explica o incremento de pH observado no substrato. Feitosa et al. (2009) também observaram incrementos no pH do solo devido a incorporação de resíduo (cinza), oriundo da queima do bagaço da cana-de-açúcar, apontando

positivamente à utilização da mesma. Pita (2009) para o mesmo resíduo, verificou que, comparativamente aos calcários calcítico e dolomítico, este originou maiores e mais rápido incremento no pH do solo. Brunelli & Pisani Jr. (2006) observaram que uma tonelada de cinza equivale a 0,5 toneladas de calcário, o que permite sugerir o uso deste resíduo agroindustrial como substituto, ao menos parcial, da calagem, gerando economia ao processo produtivo.

Comportamento semelhante foi verificado para o K, com resposta linear e crescente em função da dose de resíduo agroindustrial aplicada ($Y = 0,2222^{**} + 0,4583x^{**}$, $R^2 = 0,7500$), chama atenção a quantidade de K presente no resíduo ($36,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e no material de solo ($0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), indicando que ocorreram incrementos importantes nos conteúdos de K no substrato. Resultados favoráveis também foram reportados por Pita, (2009) e Feitosa et al. (2009), sugerindo o uso deste resíduo como fonte de K para o solo.

Tanto Ca, quanto Mg, respondem à aplicação do resíduo agroindustrial (**Tabela 1**). O Ca apresenta resposta linear e positiva ($Y = 0,2778ns + 0,7083x^{**}$, $R^2 = 0,9988$), observa-se também interação entre as doses do resíduo e a densidade, com efeitos importantes quando se aplicou 30 Mg ha^{-1} , ($Ca^{2+} = 1,83$ e $3,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), para as densidades 1,0 e $1,5 \text{ g cm}^{-3}$), respectivamente. Comportamento que pode ser explicado pela redução da taxa de infiltração de água no solo em ambientes compactados. Os incrementos em Ca foram maiores que 100% se forem considerados a ausência de resíduo e a dose mais elevada do mesmo (**Tabela 1**).

O Mg apresenta resposta quadrática às doses de resíduo aplicadas ($Y = 1,5000^{**} - 0,750x^{**} + 0,2500x^{2**}$, $R^2 = 0,9998$). No substrato de maior densidade, com dose de resíduo equivalente a 30 Mg ha^{-1} de resíduo, verificou-se incremento em Mg, maior que 50% ($Mg^{2+} = 1,83 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), indicando contribuição do resíduo para os incrementos em Mg observados.

Os poucos trabalhos conduzidos para avaliar a utilização deste tipo de resíduo como substituto parcial de insumos e na melhoria da condição de fertilidade dos solos, indicam como promissor o uso da cinza produzida, a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar, em caldeiras de usinas de açúcar e álcool (Feitosa et al., 2009; Pita, 2009; Manhães, 1999). Esta preocupação com o uso de resíduos passou, recentemente, a fazer parte dos planos de desenvolvimento de todas as atividades econômicas e, particularmente, das maiores produtoras de resíduos, que devem responder legalmente por sua adequada disposição.



CONCLUSÕES

O resíduo agroindustrial elevou o pH, os teores de K, Ca e Mg e a MO do material de solo degradado.

REFERÊNCIAS

BEDIN, I. & FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V. Fertilizantes fosfatados e produção de soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:639-646, 2003.

BRENNAN, R. F.; BOLLAND, M. D.; JEFFERY, R. C.; ALLEN, D. G. Phosphorus adsorption by a range of western Australian soils related to soil properties. *Communications Soil Science Plant Analysis*, 25:2785-2795, 1994.

BRUNELLI, A. M. M. P. & PISANI JÚNIOR, R. Proposta de disposição de resíduo gerado a partir da queima do bagaço de cana em caldeiras como fonte de nutriente e corretivo do solo. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, 2006, Punta del Leste. Anais. Punta del Leste: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. v.1. p.1-9.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios. *Química Nova*, 32:82-86, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA/CNPS-RJ, Documentos, 1)

FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L.; SILVA, I. P. F. Avaliação da cinza, oriunda da queima do bagaço da cana de açúcar, na substituição da adubação química convencional para produção de alimentos e preservação do meio ambiente. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4:2412-2415, 2009.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos. Anais. São Carlos:UFSCar, 2000. p.255-258.

FONTES, M. P. F. & WEED, S. B. Phosphate adsorption y clays from Brazilian Oxisols: relationships whit specific surface area and mineralogy. *Geoderma*, 72:377-51, 1996.

FREITAS, E. S. Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de campos dos goytacazes para uso na construção civil. Campo dos Goytacazes, 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado).

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo Dos Goytacazes - RJ, 2005.

MANHÃES, M. S. Adubação, correção do solo e uso de resíduos da agroindústria. In: Tecnologia canavieira nas Regiões Norte Fluminense e Sul do Espírito Santo – Boletim Técnico n. 12, Campos dos Goytacazes: UFRRJ, 1999. p. 24-31.

MAYER, L. M.; SCHICK, L. L.; HARDY, K. H.; WAGAI, R.; MCCARTHY, J. F. Organic matter in small mesopores in sediments and soil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68:3863-3872. 2004.

MCCARTHY, J. F.; ILAVSKY, J.; JASTROW, J. D.; MAYER, L. M.; PERFECT, E.; ZHUANG, J. Protection of organic carbon in soil microaggregates via restructuring of aggregate porosity and filling of pores with accumulating organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72:4725-4744. 2008.

MEHADI, A. A. & TAYLOR, R. W. Phosphate adsorption by two highly-weathered soils. *Soil Science Society America Journal*, 52:627-632, 1998.

PAYÁ, J.; MONZÓ, J.; BORRACHERO, M. V.; DÍAZ-PINZÓN, L.; ORDÓÑEZ, L. M. Sugar-cane bagasse ash (SCBA): studies on its properties for reusing in concrete production. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 77:321-325. 2002.

PITA, P. V. V. Valorização agrícola de cinza da co-combustão de bagaço de cana-de-açúcar e biomassa lenhosa. Lisboa, 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa/Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2009.

RESENDE, M. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of Central Plateau of Brazil. Lafayette, 1976. 237 f. Tese (Doutorado). Purdue University, Lafayette, 1976.

SCHWERTMANN, U. Relations between iron oxides, soil color, and soil formation. In: BIGHAM, J. M. & CIOLKOSZ, E.J., eds. Soil color. Madison, Soil Science Society of America, 1993. p.51-69. (Special publication, 31).

Tabela 1. Médias de P, MO, pH, K, Ca, Mg, acidez potencial (H+Al), Al, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V), saturação por alumínio (Al), probabilidade de F e coeficiente de variação (CV), para o substrato, em função dos tratamentos (plantas, densidade do substrato e doses de resíduos).

Fontes de Variação	P mgdm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K -----	Ca -----	Mg -----	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al -----	SB -----	CTC -----	V %	m %
Plantas (PL)												
Baru	2,00	7,06	4,39	0,72	1,67	1,17	22,89	6,17	3,56	26,44	12,67	64,33
Gonçalo	2,06	7,22	4,39	0,67	1,72	1,17	22,94	6,39	3,56	26,50	12,78	64,94
Densidade do Substrato (DS)												
1,0 g cm ⁻³	2,05	7,06	4,39	0,67	1,44b	1,06b	22,94	7,22a	3,17b	26,11	11,56b	70,33a
1,5 g cm ⁻³	2,00	7,22	4,39	0,72	1,94a	1,28a	22,89	5,33b	3,94a	26,83	13,89a	58,94b
Doses de Resíduo Agroindustrial (RA)												
00 Mg ha ⁻¹	2,00	6,92	4,00	0,80	1,00	1,00	22,42	7,08	2,08	24,50	9,42	74,67
15 Mg ha ⁻¹	2,08	7,08	4,42	1,00	1,67	1,00	22,92	6,67	3,67	26,58	12,42	66,83
30 Mg ha ⁻¹	2,00	7,42	4,75	1,00	2,42	1,50	23,42	5,08	4,92	28,33	16,33	52,42
Probabilidade de F												
PL	1,00 ^{ns}	3,22 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ⁿ _s	3,62 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,33 ^{ns}
DS	1,00 ^{ns}	3,22 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	12,69 [*]	7,73 ^{**}	0,02 ⁿ _s	261,91 ^{**}	19,74 ^{**}	3,23 ^{ns}	15,08 ^{**}	113,30 [*]
CZ	1,00 ^{ns}	10,03 [*]	9,83 ^{**}	121,00 ^{**}	34,02 [*]	17,40 [*]	2,30 ⁿ _s	108,98 ^{**}	87,70 ^{**}	30,41 ^{**}	44,43 ^{**}	148,35 [*]
DS*CZ	1,00 ^{ns}	12,89 [*]	0,48 ^{ns}	1,00 ^{ns}	6,11 ^{**}	7,73 ^{**}	2,64 ⁿ _s	1,59 ^{ns}	9,136 ^{**}	8,16 ^{**}	3,87 [*]	13,28 ^{**}
CV (%)	8	4	9	24	25	21	5	6	15	5	14	5

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ^{ns}=valores não significativos; * = valores significativos para P ≤ 0,01 e ≤ 0,05, respectivamente.