



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Atividade Microbiana e Enzimática em um Latossolo Ácido sob Doses de Resíduo de Reciclagem de Papel.

Biana H. Kuwano⁽¹⁾; **Alvadi A. Balbinot Junior**⁽²⁾; **José A. Fonseca**⁽³⁾, **Gilcimar A. Vogt**⁽³⁾; **João Tavares Filho**⁽⁴⁾; **Mariangela Hungria**⁽⁵⁾; **Marco A. Nogueira**⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Mestranda em Agronomia; Departamento de Agronomia /CCA; Universidade Estadual de Londrina, CEP 86051-990, Londrina, PR; bianakuwano@hotmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Soja; Rodovia Carlos João Strass, CEP 86001-970, Londrina, PR; E-mail: balbinot@cnpsa.embrapa.br; ⁽³⁾ Pesquisador da Epagri; Estação Experimental de Canoinhas. ⁽⁵⁾ Professor Dr.; Departamento de Agronomia/CCA; Universidade Estadual de Londrina; ⁽⁶⁾ Pesquisador(a) da Embrapa Soja; nogueira@cnpsa.embrapa.br.

RESUMO – A reciclagem de papel gera resíduos denominados lodo de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Sua utilização na agricultura como corretivo de acidez do solo reduz a disposição em aterros sanitários, além de diminuir os custos de produção com calagem. O objetivo foi avaliar o efeito de diferentes doses de reciclagem de papel sobre os atributos microbiológicos de um Latossolo Ácido. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com parcelas subdivididas (com aplicação em 2004 e reaplicação em 2008). Foram conduzidos sete tratamentos constituídos de 7 doses de resíduo de reciclagem de papel: 0; 63,6; 127; 191; 254; 382; 510 t/ha e um tratamento com 10,7 t/ha de calcário dolomítico, em três repetições. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com parcelas subdivididas (com aplicação em 2004 e reaplicação em 2008). A reaplicação superficial foi de 30 t/ha do mesmo resíduo. A atividade da fosfatase ácida diminuiu com o aumento das doses de resíduo, enquanto a respiração basal aumentou. A biomassa microbiana de carbono e nitrogênio, a atividade da celulase e da desidrogenase não foram influenciadas pelos tratamentos. O principal fator que levou à alteração da atividade da fosfatase ácida e da respiração basal foi o pH do solo.

Palavras-chave: enzimas do solo, biomassa microbiana, respiração basal, calcário.

INTRODUÇÃO – O desenvolvimento humano produz grande quantidade de resíduos, que geralmente não tem uma destinação final ambientalmente segura. A reciclagem é utilizada para o reaproveitamento de materiais que seriam descartados em lixões ou aterros sanitários. Entretanto, a transformação do papel em papel higiênico ou papel toalha, por exemplo, gera resíduos denominados de lodo de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) (Balbinot Jr. et al., 2006). O lodo de aparas de papel apresenta característica de uma massa fibrosa de cor acinzentada, sendo classificado como um resíduo de classe IIA – não inerte (ABNT., 2004).

A aplicação de resíduos em solos agrícolas reduz a disposição em aterros sanitários e pode ser uma prática mais segura, além de servir como corretivos da acidez do solo por apresentarem compostos como óxidos de Ca e

Mg (Balbinot Jr. et al., 2006) e também como fertilizantes (Gallardo et al., 2007). Contudo, estes resíduos podem apresentar em sua composição metais pesados que em altos níveis podem contaminar solos, água e também toda a cadeia alimentar de um ecossistema. Por isso, a adoção dessa prática deve ser baseada em critérios técnico-científicos para não impactar negativamente o meio ambiente, como por exemplo, na quantidade de CaO e MgO existente no resíduo.

Alterações nas comunidades microbianas são detectadas anteriormente a mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo (Balota et al., 2004). Desta forma, os atributos biológicos do solo podem ser uma ferramenta útil para a avaliação de distúrbios ambientais, como a aplicação de resíduos de reciclagem de papel em diferentes classes de solos agrícolas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de resíduo de reciclagem de papel sobre a atividade microbiana e enzimática de um Latossolo Ácido.

MATERIAL E MÉTODOS – O experimento foi conduzido no Campo Experimental Salto Canoinhas, da Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, em Papanduva-SC (26°22'15" S e 50°16'37"O). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com três repetições, em parcelas subdivididas. Cada parcela apresentou área total de 50 m² (5 x 10 m).

Tratamentos e amostragens

Os tratamentos consistiram na aplicação de doses crescentes de resíduo de reciclagem de papel: 0; 63,6; 127; 191; 254; 382 e 510 t/ha, aplicados em 2004. Foi conduzido, também, um tratamento com aplicação de calcário dolomítico (10,7 t/ha, PRNT 100%). Os resíduos foram distribuídos uniformemente sobre o solo e foram incorporados através de uma aração e três gradagens. Em 2008, as parcelas foram divididas em duas subparcelas, sem e com reaplicação superficial de 30 t/ha do mesmo resíduo e do calcário dolomítico. A composição química do resíduo utilizado no experimento, determinada segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), encontra-se na tabela 1.

A amostragem foi realizada na profundidade de 10

cm, obtendo-se 10 amostras simples para formar uma amostra composta por subparcela. A umidade foi determinada gravimetricamente após secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

As avaliações microbiológicas e bioquímicas foram realizadas em 2012, ou seja, quatro anos após a reaplicação.

A biomassa microbiana de C e N do solo foi determinada pelo método da fumigação-extração (Vance et al., 1987). A respiração basal foi avaliada incubando-se a amostra a 28°C no escuro em frasco hermeticamente fechado contendo solução NaOH como armadilha para o CO₂ por 4 dias de incubação.

As atividades das enzimas celulase (Schinner & Von Mersi, 1990), desidrogenase (Casida et al., 1964), fosfatase ácida (Tabatabai & Bremner, 1969) foram avaliadas nas amostras em umidade de campo e os resultados expressos com base em solo seco.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento de blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas. As médias foram comparadas por meio do teste *t* de Student a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Os principais efeitos observados foram consequência da aplicação de 2004, sem efeito significativo na análise de variância da reaplicação em 2008 (subparcela).

Com a estimativa da atividade microbiana por meio da respiração basal (liberação de CO₂/dia) foi possível avaliar os efeitos da disposição do resíduo de reciclagem de papel no solo. Observou-se um aumento na liberação de CO₂ com o aumento das doses de resíduo aplicada a partir da dose de 254 t/ha, não ocorrendo inibição da atividade respiratória em nenhuma das doses, nem mesmo no tratamento com 510 t/ha. A liberação acumulada C-CO₂ após quatro dias de incubação variou de 95,41 µg C-CO₂/g/dia na testemunha para valores entre 118,67 a 165,65 µg C-CO₂/g/dia, observados respectivamente, para menor e maior dose (Tabela 2). O aumento da respiração basal é decorrente da adição de carbono e nutrientes prontamente assimiláveis oriundos do resíduo, que estimularam a atividade microbiana (Martines et al., 2006). Entretanto, o poder corretivo do resíduo também pode ter contribuído para favorecer a atividade microbiana.

As biomassas microbianas de carbono (BMC) e de nitrogênio (BMN) representam a fração viva do C e do N do solo, sendo consideradas indicadores sensíveis da qualidade do solo, pois mostram o impacto das ações antrópicas no ambiente (Tejada & Gonzalez, 2007), como a aplicação de resíduos no solo. Embora houvesse tendência de aumento da BMC com as doses do resíduo, não houve efeito em relação à testemunha. A ausência de efeito sobre este bioindicador pode indicar que o resíduo aparentemente não traz consequências negativas à comunidade microbiana do solo. A BMC teve correlação positiva com as variáveis: pH, Ca, P e C-orgânico. Portanto, aumentos de pH, dos teores de Ca, P e de C-

orgânico proporcionam incrementos na BMC. Apesar de não ter sido verificado efeito dos tratamentos sobre a BMN, houve correlação positiva significativa da BMN com respiração basal.

Também não foi observado efeito significativo das doses de resíduo de reciclagem de papel na BMN, o que corrobora os resultados obtidos por Baggs et al. (2002) com a aplicação de lodo de fábrica de papel. A presença de metais pesados como Pb, Cd, Hg e Ni não causou efeitos negativos à biomassa microbiana, provavelmente porque os valores representam os teores totais no resíduo, o que não necessariamente resulta em disponibilidade no solo. Além do carbono orgânico presente no resíduo, seu alto pH também contribui para diminuir a disponibilidade de metais.

A adição do resíduo promoveu estímulo à atividade microbiana, como verificado pelo aumento da respiração basal, sem, no entanto, alterar a biomassa microbiana total. Nesse caso, a microbiota do solo pode estar consumindo C carbono de fácil degradação adicionado pelo resíduo, mas sem resultar em aumento de biomassa. Tejada e Gonzalez (2007), também verificaram que a adição de resíduo orgânico estimula a atividade microbiana, mas não a biomassa em um curto período de tempo. Isso ocorre porque logo após a adição de resíduos ao solo, uma comunidade apta a usar formas de carbono de mais fácil degradação se estabelece. Esses microrganismos são tipicamente estrategistas *r*, que apresentam metabolismo mais intenso, o que corresponde às maiores taxas de respiração observadas. À medida que as fontes de C de fácil uso são consumidas, a comunidade microbiana também se altera e dá lugar a estrategistas *k*, que apresentam metabolismo menos intenso.

A atividade microbiana avaliada pela respiração basal pode ser maior em solos que recebem resíduos por exigir dos microrganismos maior consumo energético para sobreviver (Leita et al., 1995). De acordo com Gallardo et al. (2010), a aplicação de lodo de reciclagem de papel no solo aumenta a atividade microbiana e enzimática. A estimativa da atividade microbiana pela liberação de CO₂ se mostra indicada para avaliação da qualidade do solo após disposição de resíduos, pelo seu baixo custo e por ser sensível à adição do resíduo.

A fosfatase ácida também se mostrou sensível aos tratamentos. Notou-se uma redução da atividade com o aumento das doses, apresentando seu menor valor no tratamento com 510 t/ha do resíduo e o maior na testemunha. No tratamento controle, o pH_{água} do solo era 5,1, sendo que nos tratamentos em que houve aplicação do resíduo variou de 5,7 na menor dose até 6,8 na maior (dados não apresentados), devido ao efeito corretivo do resíduo aplicado. Essa diminuição de atividade da fosfatase ácida é esperada quando há aumento do pH, uma vez que essa enzima tem atividade ótima em valores de pH em torno de 5,5. Essa enzima atua na conversão do P orgânico em P inorgânico, absorvível pelas plantas.

A atividade da desidrogenase variou de 18,2 a 32,7 µg trifetil formazan/ g solo seco, mas não houve efeito significativo dos tratamentos. A enzima desidrogenase foi

positivamente correlacionada com os teores de Ca, mas sem um efeito claro da adição do resíduo.

De modo semelhante, a atividade da celulase variou de 91,0 a 124,8 µg glicose/ g solo seco, mas sem efeito significativo dos tratamentos. De acordo com Nayak et al. (2007), enzimas envolvidas na mineralização de nutrientes podem ou não ter suas atividades alteradas pelo uso e manejo do solo. No solo, as enzimas estão sujeitas a diversas associações e interações com os colóides que interferem na sua concentração, acessibilidade e atividade, além disso, vários fatores como a presença de metais pesados, sais e pesticidas podem afetar a sua atividade (Gianfreda & Bollag, 1996). Entretanto, no presente estudo, a ausência de efeito das doses do resíduo sugere que a celulose no resíduo já foi degradada, uma vez que essa enzima tem sua atividade estimulada na presença desse substrato. Apesar do experimento ser realizado em um solo ácido (Latosolo Ácido), que responde rápido as alterações de pH, o efeito da aplicação de resíduo rico em CaO e MgO não alterou os atributos microbiológicos do solo com exceção da liberação de C-CO₂ e da fosfatase ácida. Isso indica que esse resíduo pode ser utilizado com cautela em Latossolos Ácidos.

CONCLUSÕES – O resíduo de reciclagem de papel estimula a atividade microbiana, medida pela liberação de C-CO₂, e inibe a atividade da fosfatase ácida do solo devido ao aumento do pH. Entretanto, de modo geral, o resíduo não alterou as demais variáveis microbiológicas do Latossolo Ácido.

AGRADECIMENTOS – À CAPES/CNPq, pela bolsa de mestrado à primeira autora.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10004, 2004. **Resíduos sólidos, classificação de resíduos**. Rio de Janeiro, 2004, 63p.

BAGGS, E.M.; REES, R.M.; CASTLE, K.; SCOTT, A.; SMITH, K.A.; VINTEN, A.J.A. Nitrous oxide release from soils receiving N-rich crop residues and paper mill sludge in eastern Scotland. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 90:109–123, 2002.

BALBINOT JR., A.A.; TÔRRES, A.N.L.; FONSECA, J.A. et al. Crescimento e teores de nutrientes em tecido de alfafa pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel num solo ácido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 5: 9-15, 2006.

BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Long-term tillage and crop rotation effects on

microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, 77: 137–145, 2004.

CASIDA Jr., L.E., KLEIN, D.A., SANTORO, T. Soil dehydrogenase activity. **Soil Science**, 98:371-376, 1964.

GALLARDO, F., MORA, M.L., DIEZ, M.C.. Kraft mill sludge to improve vegetal production in Chilean Andisol. **Water Science & Technology**, 55:31-37, 2007.

GALLARDO, F., BRAVO, C., BRICEÑO, G., DIEZ, M.C. Use of sludge from kraft mill wastewater treatment as improver of volcanic soils: effect on soil biological parameters. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, 10:48-61, 2010.

GIANFREDI, L.; BOLLAG, J.M. Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. In STOTZKY, G.; BOLLAG, J.M. (Ed.). **Soil Biology & Biochemistry**, 22:186-194, 1996.

LEITA, L.; NOBILI, M. de; MUHLBACHOVA, G.; MONDINI, C.; MACHIOL, L.; ZERBI, G. Bioavailability and effects of heavy metals on soil microbial biomass during laboratory incubation. **Biology and Fertility of Soil**, 19:103-108, n.2-3, 1995.

MARTINES, A.M.; ANDRADE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:1149-1155, 2006.

NAYAK, D.R.; BABU, Y.J.; ADHYA, T.K. Long-term application of compost influences microbial biomass and enzyme activities in a tropical Aeris Endoaquept planted to rice under flooded condition. **Soil Biology & Biochemistry**, 39:1897-1906, 2007.

SCHINNER, F., von MERSI, W. Xylanase-, CM-cellulase and invertase activity in soil: an improved method. **Soil Biology & Biochemistry**, 22:511-515, 1990.

TABATABAI, M.A. & BREMNER, J.M. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology & Biochemistry**, 1:301-307, 1969.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da UFRGS, 1995, 174p.

TEJADA, M. & GONZALEZ, J.L. Application of different organic wastes on soil properties and wheat yield. **Agronomy Journal**, 99:1597-1606, 2007.

VANCE, E.D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology Biochemistry**, 19:703-707, 1987.

Tabela 1 - Características químicas dos resíduos de reciclagem de papel aplicados em junho de 2004 e em agosto de 2008.

Características	06/2004	08/2008	Características	06/2004	08/2008
Umidade (%)	65	57	Alumínio total (%)	6,3	5,9
Cinzas (%)	71	74	Ferro total (%)	0,28	0,23
pH	7,6	8,0	Manganês total (mg/dm ³)	59	42
Valor de neutralização (%)	24	41	Cobre total (mg/dm ³)	176	92
Condutividade Elétrica (µS/cm)	129	-	Zinco total (mg/dm ³)	132	286
Carbono orgânico (%)	15	13	Chumbo total (mg/dm ³)	27	20
Nitrogênio (TKN) (%)	0,28	0,18	Níquel total (mg/dm ³)	< 5	8
P ₂ O ₅ total (%)	0,16	0,09	Cádmio total (mg/dm ³)	< 2	<0,2
K ₂ O total (%)	0,11	0,13	Cromo total (mg/dm ³)	46	3
CaO total (%)	13	22	Mercúrio (mg/dm ³)	0,04	0,05
MgO total (%)	0,83	0,36	Molibdênio (mg/dm ³)	< 15	1
Sódio total (%)	0,66	0,42	Cobalto total (mg/dm ³)	16	4
Enxofre total (%)	0,07	0,06	Boro total (mg/dm ³)	11	3

Resultados determinados no material seco em estufa a 75 °C.

Tabela 2 – Resultados de biomassa, atividade microbiológica e bioquímica em solo ácido sob aplicação de doses de resíduo de reciclagem de papel.

	TRATAMENTOS							
	Testemunha	Calcário	63,6	127	191	254	382	510
Respirometria (µg CO ₂ /g/dia)	95,41d	98,75dc	118,67dcb	119,48dcb	103,1dc	139,92cba	150,31ba	165,65a
BMC (mg/kg)	71,16a	122,21a	99,55a	81,09a	101,54a	137,93a	118,50a	145,52a
BMN (mg/kg)	47,61a	50,72a	57,57a	46,46a	47,49a	49,10a	51,04a	50,70a
Fosfatase ácida (µg p-nitrofenol/g/h)	1360a	949cb	920cb	947cb	1196ba	719dc	775dc	544d
Celulase (µg glicose/g/d)	101,68a	121,5a	124,8a	101,45a	109,68a	91,02a	100,56a	108,27a
Desidrogenase ⁽¹⁾ (µg TFF/g/d)	18,16a	30,36a	32,73a	27,92a	23,1a	30,7a	32,09a	31,38a

⁽¹⁾ TFF, trifênil formazan. *Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste *t* a 5% de significância. BMC – Biomassa Microbiana de Carbono; BMN – Biomassa Microbiana de Nitrogênio.

Tabela 3 - Correlação de Pearson das variáveis microbiológicas *versus* variáveis químicas de um latossolo ácido sob aplicação de resíduo de reciclagem de papel.

	BMC	BMN	CO ₂ /4DIAS	CO ₂ /7DIAS	FOSFATASE	DESIDROGENASE	CELULASE
pH	0,51	0,29	0,86	0,63	-0,74	ns	ns
P	0,35	ns	0,38	0,62	-0,34	ns	ns
K	ns	ns	ns	ns	0,39	ns	ns
C-org	0,42	0,37	0,50	ns	ns	ns	ns
Ca	0,53	0,33	0,84	ns	-0,60	0,58	ns
Mg	ns	ns	-0,60	ns	0,43	ns	ns

Valores de *r* (correlação de Pearson) a 5% de significância.