



XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas
XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas
XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo
VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo
Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.
Centro de Convenções do SESC

Efeito de resíduos da indústria de celulose e papel em características químicas relativas à fertilidade de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico

Shizuo Maeda(1); Itamar Antonio Bognola" & Helton Damim da Silva(3)

- (1) Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR, CEP: 83411-000 maeda@cl.cnpf.embrapa.br (apresentador do trabalho);
(2) Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR, CEP: 83411-000, iabog@cnpcernbrapa.br; (3) Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR, CEP: 83411-010, helton@icnpCembrapa.br

RESUMO - Resíduos gerados nas indústrias de processamento da madeira podem ser utilizados como insumo agrícola e florestal resolvendo o problema de sua disposição. No entanto, há necessidade de conhecer seus efeitos no solo para sua disposição segura. Avaliamos o efeito de doses de carbonato de cálcio, cinza de caldeira, lama de cal e lodo resultante do tratamento de efluentes de indústria de papel e celulose e da reciclagem de papel em características químicas de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico. À exceção do observado na saturação de K no lodo celulósico resultante do tratamento de efluentes em fábrica de celulose e papel, todas as características avaliadas foram significativamente influenciadas pelos tratamentos estudados. O pH CaCh, os teores de Ca, Mg e P e a saturação por bases aumentaram com o aumento das doses, enquanto o teor de Al e sua saturação foram reduzidos. Os teores de K foram aumentados, principalmente pelas doses de cinza de caldeira. A relação Ca/Mg foi elevada a valores que podem ser prejudiciais pela aplicação de carbonato de cálcio, lama de cal e lodo celulósico resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de papel. As cinzas são importantes fontes de K, Ca, Mg e P.

Palavras-chave: cinza de caldeira, lama de cal, lodo celulósico.

INTRODUÇÃO - A disposição final de resíduos gerados pelas indústrias de celulose e papel tem sido um dos grandes desafios desse setor. A alternativa de disposição em aterros industriais é onerosa e gera uma responsabilidade com prazo e custo indefinidos.

A aplicação em áreas de plantios florestais é uma alternativa para descarte desses resíduos, solucionando um problema ambiental de disposição, ao mesmo tempo em que contribui para a reposição

de nutrientes exportados com a retirada da biomassa florestal. Além dos nutrientes remanescentes da biomassa vegetal processada para a obtenção da celulose, parte de componentes utilizados na digestão da celulose e no tratamento dos efluentes permanecem no lodo celulósico gerado. Nas cinzas de caldeira, resultante da queima de biomassa vegetal para geração de energia, a fração mineral presente na biomassa é concentrada pela carbonização.

Os resíduos podem ter potencial de utilização comercial, porém, é necessário o pleno conhecimento de suas características, principalmente de seus efeitos no ambiente. Foi objetivo desse trabalho avaliar o efeito de resíduos gerados pelas indústrias de papel e celulose em características químicas de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico.

MATERIAL E MÉTODOS - Amostras de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico (SANTOS et al., 2006), com as seguintes características (SILVA, 2009): pH CaCh = 3,72; Ca = 0,36 cmol, dm⁻¹; Mg = 0,32 cmol, dm⁻¹; K = 0,13 cmol, dm⁻¹; Al = 6,95 cmol, dm⁻¹; H + Al = 169,92 cmol, dm⁻¹; P = 3,92 mg dm⁻¹; C = 55,62 g dm⁻¹; areia = 95 g kg⁻¹; silte = 424 g kg⁻¹ e argila = 48 g kg⁻¹, foram coletadas na camada 0 a 10 cm para a realização do estudo. Os produtos estudados foram o carbonato de cálcio PA, cinzas de caldeira (Ci 1 - coletada em indústria de reciclagem de papel em Rio Negrinho, SC e Ci 2 - coletada em fábrica de papel e celulose em Irani, SC), lama de cal (LC - coletada na mesma indústria referida pelo tratamento Ci 2) e lodo celulósico (Lo 1 - coletado na indústria referida no tratamento Ci 1 e Lo 2 - coletadas em indústria de celulose em Piraí do Sul, PR). Doses necessárias para a elevação da saturação por bases a 0; 20; 40; 60 e 80%, corrigidas em função do PRNT, foram

aplicadas em 500 g do solo após a secar e destorroar e peneirar o mesmo em malha 5 mm. Após misturar os produtos com o solo, o material de cada parcela foi acondicionado em recipiente de poli estireno com tampa. Para favorecer a reação dos produtos com o solo foi aplicado água deionizada em volume suficiente para manter o teor de umidade equivalente à capacidade de campo. O solo foi mantido na ausência de luz por 210 dias. Após a incubação o material correspondente a cada tratamento foi seco em estufa a 45° C, e determinados o pH CaCb, os teores de Ca, Mg, K, Al, H + Al, P, conforme Silva, (2009) e calculadas as saturações por bases na CTC a pH 7,0, de Al e de K na CTC efetiva e a relação Ca/Mg. Os dados obtidos foram analisados segundo o modelo inteiramente casualizado e quando significativo (F = 5%), as médias foram submetidas ao teste Scott-Knott no mesmo nível de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - Todas as características avaliadas foram significativamente influenciadas pela aplicação dos produtos estudados. O pH CaCl₂, os teores de Ca e a saturação por bases foram aumentados com o aumento das doses em todos os produtos estudados, sendo os efeitos no pH semelhante entre os produtos; os teores de Ca foram mais expressivos com a aplicação de carbonato de cálcio e lama de cal e os efeitos sobre os valores de V% menos expressivos com a aplicação do lodo celulósico Lo 2. Com relação ao K, foram observados aumentos nos teores pela aplicação das cinzas e do lodo celulósico Lo 2, sendo mais expressivo na cinza de caldeira Ci 1. A aplicação dos demais produtos resultou em redução dos teores de K. Os teores de P também apresentaram elevação com o aumento da dose exceto com o produto Lo 1, sendo o efeito mais expressivo com a aplicação da cinza Ci 2 seguido da Ci 1. A relação Ca/Mg aumentou com o aumento da dose em todos os produtos, sendo esse efeito mais expressivo nos produtos lama de cal, carbonato de cálcio e lodo celulósico Lo 1 (Tab. 2)

Todos os produtos avaliados são alcalinos (Tab. 1) o que explica a redução da acidez e do teor de Al e de sua saturação na CTC efetiva, observada em todos os tratamentos, indicando o potencial dos resíduos das indústrias de celulose e papel como sucedâneos de calcários agrícolas, quando indicados para a correção dessas características.

As cinzas de caldeira avaliadas apresentam em sua composição teores médios de 11,0% de K (Tab. 1), o que explica os expressivos resultados observados com a aplicação desses resíduos. O CC e a LC não apresentam K em sua composição, enquanto os teores no Lo 1 e Lo 2 são reduzidos. Os aumentos

nos teores observados como resultado da aplicação de doses das cinzas de caldeira e do produto Lo 2 elevaram a saturação de K na CTC efetiva. Nos casos em que a saturação de K foi reduzida, o efeito observado deveu-se ao aumento dos teores de Ca, principalmente. O valor de 2,5% para essa característica, considerada adequada por Costa & Oliveira (2001), indica a necessidade de precauções no uso, principalmente das cinzas, para evitar eventuais desequilíbrios nas relações entre os nutrientes no solo.

A presença de Ca e Mg nos produtos estudados (Tab. 1) explicam os resultados observados nos teores desses elementos com a aplicação dos tratamentos. Produtos com elevados teores de Ca e baixos em Mg, casos do CC, LC e Lo 1, resultaram na elevação dos valores das razões relações Ca/Mg com o aumento das respectivas doses, o que indica a necessidade de precauções nas suas aplicações tendo em vista desequilíbrios nutricionais em condições de valores elevados para a razão dessa relação, principalmente quando associados a baixos valores no teor de Mg (COSTA & OLIVEIRA, 2001).

Os expressivos aumentos observados nos teores de P resultantes da aplicação das cinzas de caldeira devem-se à presença de P na composição das mesmas (Tab. 1), exceção do produto Lo 1, com o qual observou-se redução nos teores com o aumento da dose, não havendo explicação plausível para o fato. Com relação ao observado com a aplicação de CC e LC, pode ter ocorrido liberação de P ligados ao Al.

CONCLUSÕES - O pH CaCl₂ e os teores de Ca, Mg, P e a saturação por base aumentam com o aumento das doses enquanto os teores de Al e a sua saturação diminuem. As cinzas podem ser utilizadas como corretivos da acidez, apresentando vantagens sobre os calcários por disponibilizarem, além de Ca e Mg, o K e P. O carbonato de cálcio, a lama de cal e o lodo celulósico resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de papel elevam os valores da razão da relação Ca/Mg a valores que podem ser prejudiciais às culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. de. Fertilidade do solo e nutrição de plantas: culturas: soja-milho-trigo-algodão-feijão. 2.ed.rev. Campo Mourão: COAMO; Cascavel: COODETEC, 2001. 93 p.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, I. B. de; COELHO, M.

R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.306 p.

SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.627 p.

Tabela 1 Resultados de algumas características químicas dos produtos utilizados.

Produto/resíduo	PRNT	Ca	Mg	K	P
	%	%	%	%	%
Carbonato de cálcio	100	32	0	0	0
Cinza de caldeira 1	23	26,5	6,8	11,0	6,2
Cinza de caldeira 2	18	26,5	6,8	11,0	6,2
Lama de cal	89	38	0	0	0
Lodo celulósico 1	23	15	0,2	0,02	0,23
Lodo celulósico 2	2	1	0,1	0,03	0,35

Tabela 2 Efeito de doses de carbonato de cálcio e resíduos da indústria de celulose e papel em características químicas de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico*.

Dose	pH	K	Ca	Mg	Al	Ca/Mg	m%	V%	K%	P
V%	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³			Ca/Mg		%		mg dm ⁻³	
Carbonato de cálcio **										
0	3,90 e	0,13 a	1,08 e	0,69 a	3,24 a	1,56 d	63,02 a	8,65 e	2,54 a	1,52 c
20	4,18 d	0,13 a	3,38 d	0,54 b	2,63 b	6,35 c	39,36 b	18,85 d	1,97 b	2,70 a
40	4,52 c	0,12 b	6,65 c	0,48 c	1,02 c	14,26 b	12,32 c	32,75 c	1,40 c	2,51 a
60	4,80 b	0,11 b	8,98 b	0,46 c	0,24 d	19,63 a	2,46 d	44,42 b	1,11 d	2,44 a
80	5,16 a	0,10 b	11,43 a	0,54 b	0,05 e	21,14 a	0,41 e	56,77 a	0,48 e	2,13 b
CV - %	0,7	6,39	3,52	8,64	7,50	12,21	5,57	3,11	8,17	6,57
Cinza de caldeira 1 **										
0	3,90 e	0,13 e	1,08 e	0,69 d	3,24 a	1,56 b	63,02 a	8,65 e	2,54 d	1,52 c
20	4,20 d	0,57 d	2,71 d	0,94 c	1,61 b	2,89 a	27,64 b	21,27 d	9,81 c	1,79 c
40	4,53 c	1,13 c	4,64 c	1,48 b	0,42 c	3,13 a	5,51 c	37,36 c	14,76 b	3,07 c
60	4,81 b	1,52 b	5,98 b	2,05 a	0,13 d	2,92 a	1,29 d	48,46 b	15,75 a	7,74 b
80	4,94 a	1,87 a	7,34 a	2,26 a	0,06 d	3,28 a	0,54 d	55,64 a	16,25 a	12,02 a
CV - %	1,03	3,96	5,07	9,46	9,19	7,79	6,22	4,29	5,5	10,88
Cinza de caldeira 2 **										
0	3,90 e	0,13 e	1,08 e	0,69 d	3,24 a	1,56 e	63,02 a	8,65 e	2,54 d	1,52 e
20	4,34 d	0,30 d	2,59 d	0,84 c	1,96 b	3,10 d	34,44 b	17,28 b	5,32 c	3,97 d
40	4,61 c	0,69 c	4,56 c	1,20 b	0,84 c	3,80 c	11,51 c	31,44 c	9,47 b	9,12 c
60	4,75 b	0,97 b	6,09 b	1,44 a	0,30 b	4,22 b	3,42 d	41,62 d	10,96 a	15,40 b
80	4,87 a	1,12 a	7,33 a	1,54 a	0,08 a	4,77 a	0,75 e	49,77 a	11,15 a	22,03 a
CV - %	1,12	5,76	4,93	7,05	8,65	5,99	5,6	3,72	5,57	9,21
Lama de cal **										
0	3,90 e	0,13 a	1,08 e	0,69 a	3,24 a	1,56 e	63,02 a	8,65 e	2,54 c	1,52 c
20	4,04 d	0,12 b	3,35 d	0,48 b	2,55 b	7,01 d	39,27 b	16,14 d	3,32 b	3,06 a
40	4,48 c	0,11 c	7,05 c	0,54 b	0,55 c	13,05 c	6,63 c	40,53 c	4,55 a	2,88 a
60	4,83 b	0,11 c	9,96 b	0,57 b	0,09 d	40,61 b	0,87 d	52,94 b	4,48 a	2,49 b
80	5,02 a	0,10 d	12,47 a	0,28 c	0,08 d	47,95 a	0,38 d	62,48 a	4,41 a	2,37 b
CV - %	1,02	5,92	5,80	13,49	7,77	63,45	6,27	4,80	6,68	5,56
Lodo celulósico 1 **										
0	3,90 e	0,13 a	1,08 e	0,69 a	3,24 a	1,56 d	63,02 a	8,65 e	2,54 a	1,52 a
20	4,14 d	0,12 a	3,45 d	0,59 b	1,61 b	5,93 c	27,85 b	21,15 d	2,11 b	1,12 b
40	4,46 c	0,11 b	5,87 c	0,52 c	0,43 c	11,51 b	6,14 c	34,12 c	1,58 c	1,12 b
60	4,82 b	0,11 b	8,31 b	0,40 d	0,11 d	21,00 a	1,22 d	47,61 b	1,22 d	0,90 c
80	5,10 a	0,10 b	9,82 a	0,48 c	0,06 e	20,54 a	0,57 d	56,27 a	0,99 e	0,82 c
CV - %	0,93	4,82	4,38	10,41	13,24	16,12	8,16	5,07	5,50	13,38
Lodo celulósico 2 **										
0	3,90 e	0,13 b	1,08 e	0,69 a	3,24 a	1,56 c	63,02 a	8,65 e	2,54 c	1,52 c
20	4,44 d	0,11 c	1,56 d	0,44 c	1,17 b	3,63 b	35,69 b	15,20 d	3,32 b	3,00 a
40	4,87 c	0,12 b	2,12 c	0,37 c	0,12 c	5,74 a	4,48 c	23,60 c	4,55 a	3,36 a
60	5,08 b	0,15 a	2,53 b	0,53 b	0,06 c	4,83 a	1,84 c	31,82 b	4,48 a	2,58 b
80	5,21 a	0,15 a	2,71 a	0,57 b	0,08 c	4,85 a	2,14 c	36,00 a	4,41 a	2,77 b
CV - %	1,04	4,21	4,67	12,05	12,88	16,12	8,28	3,65	5,13	11,30

* valores seguidos por letras iguais nas colunas, em cada um dos produtos, não diferem significativamente entre si (Scott Knott, 5%)

** cinzas de caldeira 1 e 2 - originadas, respectivamente de Rio Negrinho, SC e Irani, SC; lodos celulósico 1 e 2 - originados respectivamente de Rio Negrinho, SC e Pirai do Sul, PR