



Condutividade elétrica aparente e crescimento de pinus submetido à aplicação de doses de cinza de madeira.

Shizuo Maeda⁽¹⁾; João Bosco Vasconcelos Gomes⁽²⁾; Itamar Antônio Bognola⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Florestas; Colombo, Paraná; shizuo.maeda@embrapa.br; ⁽²⁾ Pesquisador; Embrapa Florestas; joao.bv.gomes@embrapa.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Florestas; Itamar.bognola@embrapa.br.

RESUMO: Os resíduos gerados pelas indústrias de base florestal necessitam ser dispostos de forma a atender as exigências legais e ambientais e, ao mesmo tempo ser economicamente viável. A condutividade elétrica aparente do solo (CEa) é um indicador utilizado para detectar alterações químicas do solo promovidas pela aplicação de materiais descartados ao solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de cinza de madeira gerada em caldeiras auxiliares de geração de energia no crescimento de pinus e em características químicas do solo relacionadas à fertilidade e na condutividade elétrica aparente (CEa). Doses de cinza (0; 10; 20 e 40 Mg ha⁻¹) foram aplicadas superficialmente em 2006, e não incorporadas. A aplicação foi feita em parcelas demarcadas num plantio comercial de *Pinus taeda*, com três anos de idade, em um Latossolo Bruno Distrófico argiloso, em Vargem Bonita, SC. Em 2012 foi realizada a avaliação do crescimento das árvores, pela medição da altura e circunferência à 1,40 m, coletadas amostras de solo em quatro camadas para avaliar a fertilidade e avaliadas a CEa em duas profundidades. A aplicação das doses de cinza de madeira não resultou em ganhos de produtividade do pinus medidos pelo volume sólido e incremento médio anual, provavelmente pelas condições de fertilidade natural do solo atender as exigências nutricionais da espécie estudada. As doses aplicadas promoveram melhorias na fertilidade do solo e aumentos na CEa com o aumento das doses da cinza aplicada.

Termos de indexação: fertilidade do solo; uso de resíduos; nutrição florestal.

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos na agricultura tem sido crescente, em função de benefícios que resultam de sua aplicação ao solo, com a elevação do pH e dos teores de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e da condutividade elétrica (CE) (Abreu Junior et al., 2005; Nascimento et al., 2004; Pavinato & Rosolem, 2008; Pinheiro et al., 2014) e para o atendimento da legislação pertinente sobre o assunto. A CE do solo é influenciada por atributos como pH, P, K, Ca, Mg, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e outros sais solúveis (Aimrun et al., 2009; Bronson et al., 2005; Peralta & Costa 2013; Sudduth et al.,

2001). Essa relação é dinâmica e complexa, não sendo possível estabelecer relações isoladas entre a CE e cada atributo, tendo em vista que o valor da CE é resultante do efeito de todos os elementos presentes no solo. Além da combinação da ação de íons, a CE é influenciada pela mineralogia das argilas, teor de umidade e temperatura do solo (Brevik et al., 2006). Netto et al. (2007) verificaram uma correlação significativa entre o pH e a concentração de sódio permutável no solo, e confirmaram uma correlação positiva entre a condutividade elétrica aparente e a concentração de sais no solo. Os fatores que interferem na condutividade elétrica do solo também interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas, Johnson et al., (2005), que consideraram ainda a possibilidade de utilizar a CE para identificar gradientes de fertilidade do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de cinza de madeira no desenvolvimento de *Pinus taeda* e avaliar a condutividade elétrica aparente como indicador do efeito da aplicação do material no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi implantado em um Latossolo Bruno Distrófico argiloso (Embrapa, 1999), em Vargem Bonita, SC, em 2006, num plantio comercial de *Pinus taeda*, com três anos de idade e constou da aplicação de quatro doses de cinza de madeira gerada em caldeira auxiliar de geração de energia. As doses estudadas, em delineamento experimental em blocos ao acaso e quatro repetições, foram 0, 10, 20 e 40 Mg ha⁻¹, aplicados superficialmente em toda área das parcelas que constaram de cinco fileiras de cinco plantas espaçadas em 2,5 x 2,5 m, sem incorporação do material aplicado. Em 2012 foi feita a avaliação da condutividade elétrica aparente utilizando o equipamento descrito em Rabello et al. (2010), sendo tomadas três medidas em cada parcela experimental. As medidas de condutividade elétrica aparente (CEa) foram tomadas nas camadas 0 a 40 e 0 a 80 cm, conforme configuração do equipamento utilizado. Na mesma época, foram coletadas amostras de solo das camadas 0 a 10; 10 a 20; 20 a 40 e 40 a 60 cm as quais foram submetidas à análise de rotina conforme Silva (1999), sendo ainda realizadas avaliações de altura e circunferência a altura do peito, e com base



nessas informações foram calculados o volume sólido de madeira com casca (fator de forma 0,45) e o incremento médio anual de madeira. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da aplicação da cinza de madeira no crescimento das árvores de *Pinus taeda* seis anos após a aplicação dos tratamentos estudados (Tabela 1), provavelmente devido às condições de fertilidade do solo (Tabela 2) serem adequadas ao atendimento das necessidades nutricionais da espécie estudada (Bellote & Neves, 2001), indicadas pelos elevados incrementos médios anual em todos os tratamentos Kronka et al., (2005). É possível também que formas de nutrientes não extraíveis pelas soluções utilizadas na análise de rotina, sejam disponibilizadas para as árvores ao longo do seu ciclo via micorrização e solubilização dos minerais primários.

A condutividade elétrica aparente (CEa) foi elevada linearmente com a aplicação das doses de cinza de madeira, sendo que o maior efeito foi observado na camada 0 a 40 cm (Figura 1). Esse efeito é explicado pela maior concentração de íons nas camadas superficiais do solo, considerando o solo nas condições da testemunha, e o aumento observado com a aplicação das doses da cinza de madeira deve-se ao aporte de íons contidos na cinza aplicada, principalmente de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+1} (2,04% de Ca; 0,60% de Mg e 0,17% de K), conforme mencionado por (Aimrun et al., 2009; Bronson et al., 2005; Peralta & Costa 2013; Sudduth et al., 2005). O aumento da CEa observado na camada mais profunda deve-se à lixiviação de íons, principalmente de Ca, Mg e K (Tabela 2). A correlação entre doses e CEa foi de 0,98 e 0,99 para as camadas 0 a 40 e 0 a 80 cm, respectivamente, indicando a estreita relação entre as variáveis. A análise de correlação entre as médias das variáveis medidas nas camadas c1, c2 e c3 e a CEa significativas e positivas para pH em CaCl_2 , K, Ca, Mg, soma de bases, saturação por bases e teor de P, enquanto para o Al o coeficiente foi significativo e negativo, tendo em vista a redução do teor do mesmo em função do caráter alcalino do material aplicado (Tabela 3).

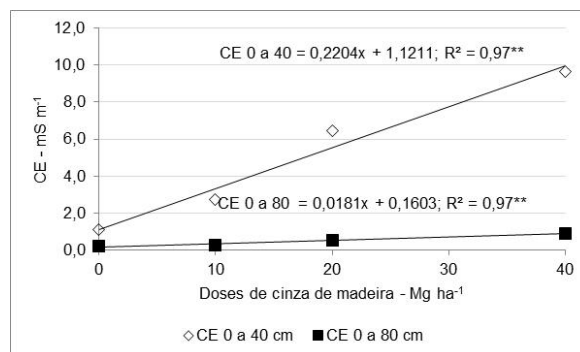


Figura 1. Condutividade elétrica aparente em duas camadas de um Latossolo submetido a doses de cinza de madeira.

Tabela 1 – Altura, diâmetro a altura do peito (dap), volume sólido de madeira (vc) e médias de incremento médio anual aos 11 anos de idade de árvores de *Pinus taeda* submetidas à aplicação de doses de cinza de madeira, em Latossolo Bruno Distrófico em Vargem Bonita, SC.

Dose (Mg ha ⁻¹)	altura (m)	dap (cm)	vs (m ³ ha ⁻¹)	ima (m ³ ha ⁻¹ ano)
0	14,1	24,0	512,4	46,6
10	14,7	23,7	517,5	47,0
20	14,0	21,7	417,9	38,0
40	14,3	23,3	487,5	44,3

Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os valores médios das variáveis químicas medidas nas camadas c1 – 0 a 10 cm, c2 – 10 a 20 cm e c3 – 20 a 40 cm com a CEa da camada 0 a 40 cm e valores médios das 4 camadas (c1, c2, c3 e c4 – 40 a 60 cm) com a CEa da camada 0 a 80 cm.

Variáveis	Coeficientes de correlação	
	CEa 0 a 40 cm	CEa 0 a 80 cm
pH CaCl_2	0,99	0,98
K	0,95	1,00
Ca	0,99	0,96
Mg	0,99	0,97
Soma Bases	0,99	0,96
Al	-0,98	-0,94
CTC	0,26	0,84
V%	0,99	0,95
C.O.	0,30	-0,45
P	0,99	0,99



CONCLUSÕES

As doses de cinza de madeira aplicadas não proporcionam ganhos de produtividade de madeira para a espécie estudada.

A condutividade elétrica aparente é eficiente para indicar efeitos da aplicação de cinza de madeira em características química do solo.

REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; HIEHL, J. de C. Uso agrícola de resíduos orgânicos: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: TORRADO, P. V. et al. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 391-479, 2005.

AIMRUN, W. et al. Bulk soil electrical conductivity as an estimator of nutrients in the maize cultivated land. *European Journal of Scientific Research*, Victoria, 31: 37-51, 2009.

BELLOTE, A. F. J.; NEVES E. J. M. Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. 1ª edição. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 54).

BREVIK, E.; Fenton, T., LAZARI, A. Soil electrical conductivity as a function of soil water content and implications for soil mapping. *Precision Agriculture*, 7: 393-404, 2006.

BRONSON, K. F.; BOOKER, J.D.; OFFICER, S.J.; LASCANO, R.J.; MAAS, S.J.; SEARCY, S.W.; BOOKER, J. Apparent electrical conductivity, soil properties and spatial covariance in the U.S. southern high plains. *Precision Agriculture*, Dordrecht, 6: 297-311, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de 2 Solos. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

JOHNSON, C.; ESKRIDGE, K., CORWIN, D. Apparent soil electrical conductivity: applications for designing and evaluating field-scale experiments. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 181-202, 2005.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLINI, F.; HERRERA PONCE, R. A cultura do pinus no Brasil. São Paulo: SBS, 2005. 160 p.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D.A.S; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 28: 385-392, 2004.

NETTO, A. O. A.; GOMES, C. C. S.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE, L. F. S. M., BLANCO, F. F.

Características químicas e salino-sodicidade dos solos do perímetro irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, 37: 1640-1645, 2007.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 32: 911-920, 2008

PERALTA, N. R.; COSTA, J. L. Delineation of management zones with soil apparent electrical conductivity to improve nutrient management. *Computers and Electronics in Agriculture*, New York, 99: 218-226, 2013.

PINHEIRO, G. L.; SILVA, C. A.; LIMA, J. M. Soluble carbon in oxisol under the effect of organic residue rates. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 38: 810-820, 2014.

RABELLO, L.M; INAMASSU, R.Y.; BERNARDI, A C. de C. Sistema de medição de condutividade elétrica. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 2010, 8p. (Circular Técnica, 54).

SILVA, F. C. da (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 627 p.

SUDDUTH, K. A.; DRUMMOND, S. T.; KITCHEN, N. R. Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, New York, 31: 239-264, 2001.



Tabela 2 - Variáveis avaliadas (SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; v = saturação por bases na T e C.O.= carbono orgânico) em camadas (c1 = 0 a 10 cm; c2 = 10 a 20 cm; c3 = 20 a 40 cm e c4 = 40 a 60 cm) de um Latossolo Bruno Distrófico submetido a aplicação de doses de cinza de madeira.

Camadas	pH CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³					T	V	C.O.	P
		K	Ca	Mg	SB	Al				
----- 0 Mg ha ⁻¹ -----										
c1	3,85	0,10	0,60	0,25	0,95	5,30	17,90	5,31	15,75	2,35
c2	3,93	0,08	0,83	0,23	1,14	4,90	17,94	6,45	15,93	0,83
c3	3,90	0,06	0,60	0,17	0,83	4,87	16,76	4,86	15,90	0,67
c4	3,93	0,05	0,47	0,13	0,65	4,60	16,21	3,94	10,57	0,40
----- 10 Mg ha ⁻¹ -----										
c1	4,40	0,12	5,80	0,63	6,56	2,20	17,92	37,27	17,87	2,47
c2	3,97	0,08	1,77	0,30	2,15	4,47	18,25	12,13	15,23	1,30
c3	3,97	0,07	0,70	0,17	0,93	5,00	17,73	5,35	12,07	0,50
c4	4,00	0,05	0,87	0,13	1,05	4,50	17,28	6,02	28,70	0,50
----- 20 Mg ha ⁻¹ -----										
c1	4,83	0,16	9,37	0,83	10,36	0,83	17,59	59,18	23,73	4,13
c2	4,17	0,12	3,77	0,47	4,35	3,53	17,62	24,80	14,63	0,93
c3	4,00	0,10	1,33	0,23	1,67	4,83	17,23	9,75	12,40	0,80
c4	4,00	0,08	0,70	0,13	0,91	4,47	16,11	5,65	10,87	0,53
----- 40 Mg ha ⁻¹ -----										
c1	5,70	0,28	13,20	0,90	14,38	0,13	18,48	77,43	17,20	4,53
c2	4,37	0,21	5,23	0,73	6,18	1,93	16,68	36,97	16,57	1,17
c3	4,00	0,19	2,80	0,43	3,42	4,39	18,62	17,51	13,37	1,00
c4	4,07	0,08	1,00	0,13	1,22	4,47	25,42	5,78	10,57	0,77