

Resposta de *Pinus taeda* à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso

Shizuo Maeda⁽¹⁾, Helton Damin da Silva⁽¹⁾ e Camile Cardoso⁽²⁾

⁽¹⁾ Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira Km 111, CEP 83411-000, Colombo-PR. E-mail: maeda@cnpf.embrapa.br, helton@cnpf.embrapa.br,

⁽²⁾ Universidade Federal do Paraná - UFPR, Avenida Prefeito Lothário Meissner, 3400, CEP 80210-700, Curitiba-PR. E-mail: camile.cardoso@hotmail.com

Resumo – Foi avaliado o efeito de doses de cinza de biomassa vegetal, equivalentes a 0; 10; 20; 40 e 80 t.ha⁻¹, sobre características químicas do solo e sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes por mudas de *Pinus taeda* L., em casa-de-vegetação da Embrapa Florestas, em Colombo, PR, em Cambissolo Húmico, coletado na camada de 0 a 20 cm, em Piraí do Sul, PR. Porções da amostra do solo foram colocadas em vasos, sendo as alíquotas de cada tratamento aplicadas na camada de 0 a 10 cm, após preencher os vasos com 20 cm de solo. Foram analisadas as acículas e o solo (camadas 0 a 10 cm, 10 cm a 20 cm e 20 cm a 30 cm). Avaliaram-se a altura, o diâmetro e as massas secas da parte aérea, da raiz - MSR e total. A aplicação da cinza diminuiu a acidez e o teor de Al, e aumentou os teores de Ca, Mg, K e P, com efeitos mais pronunciados na camada de 0 a 10 cm; não houve efeito dos tratamentos no desenvolvimento das mudas; o teor de Cu nas acículas foi diminuído com o aumento da dose de cinza.

Termos para indexação: Cinza de caldeira, fertilidade do solo.

Response of *Pinus taeda* to ash from plant biomass in Cambissolo Humico in pots

Abstract – The aim of this work was to measure the effect of ash, collected from the boiler of a pulp mill and applied in doses equivalent to 0, 10, 20, 40 and 80 t.ha⁻¹ on the chemical characteristics of the soil and on the development and absorption of nutrients for *Pinus taeda* L. seedling potted with CAMBISSOLO Humico from the 0-20 cm layer in Piraí do Sul, PR. Portions of the soil were placed in pots and aliquots of each treatment were applied to the first 0-10 cm layer after filled the pots with 20 cm of soil. Needles and soil (0-10, 10-20 and 20-30 cm layers) were analyzed. The height, diameter and dried biomass of aerial part, the root - MSR and total were evaluated. The application of ash reduced the acidity and the concentration of Al, and increased the concentration of Ca, Mg, K, P, with more pronounced effects in the layer of 0-10 cm; there was no effect of treatment in the development of seedlings; and the concentration of Cu in needles was declined with increasing doses of ash.

Index terms: wood ash, soil fertility.

Introdução

A partir da promulgação da lei de incentivos fiscais, ocorrida na década de 1960, houve uma intensificação do plantio de espécies florestais de rápido crescimento. Na Região Sul do Brasil, extensas áreas foram ocupadas, predominantemente com *Pinus taeda* L. e *P. elliottii* Engelm. var. *elliottii*, constituindo-se na base de importantes atividades industriais como a produção de celulose e papel, embalagens, aglomerados, mobiliário, compensados, chapas, dentre outras.

Estimava-se, em 2001, em 1,84 milhão de hectares a área ocupada por espécies de *Pinus* no Brasil. Na Região Sul, a área plantada é estimada em 1,06 milhão de

hectares, sendo 605 mil hectares no Paraná, 318 mil hectares em Santa Catarina e 136 mil hectares no Rio Grande do Sul (SBS, 2007).

A crise energética provocada pelo aumento do preço do petróleo, da energia elétrica e do gás natural, estimulou o uso de fontes alternativas de energia, como é o caso da biomassa vegetal, oriunda principalmente de resíduos de madeira usada industrialmente. Como resultado, grande quantidade de cinza tem sido gerada e a sua disposição adequada é uma preocupação crescente, principalmente quando se utiliza madeira tratada com preservantes químicos como o arsenato de cobre cromatado - CCA e o borato de cobre cromatado - CCB, que contém Cr e As, que podem ser altamente tóxicos.

A cinza gerada é resultante da combustão incompleta e variável da madeira, sendo a sua composição qualitativa e quantitativa dependente da biomassa utilizada, da temperatura de carbonização, responsável pela maior ou menor sublimação dos componentes químicos, e da adoção ou não da requeima.

O plantio de espécies florestais para exploração comercial da madeira é feito, predominantemente, em áreas com solos de baixa aptidão agrícola, pelas condições topográficas inadequadas para o cultivo mecanizado e pela baixa fertilidade do solo. Com isso, e associado à intensificação das rotações, a produtividade florestal pode ser reduzida, caso medidas de manejo da fertilidade do solo não sejam aplicadas.

Nesse contexto, a cinza de biomassa florestal vem ganhando importância devido às suas características físicas e químicas, que possibilitam a sua utilização como fonte de nutrientes para as árvores, com melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo (MORO; GONÇALVES, 1995). Além disso, a crescente demanda mundial por fertilizantes vem provocando elevação dos custos de aquisição e de aplicação de fertilizantes minerais, que levam os silvicultores a procurar meios alternativos de manejo florestal, no intuito de reduzir as despesas.

Aumentos de produtividade, bem como efeitos benéficos no solo e na microflora e mesofauna, com reflexos no aumento da decomposição da serapilheira, foram registrados em trabalhos desenvolvidos na década de 1990, principalmente com espécies de *Eucalyptus*, demonstrando a possibilidade da utilização de cinza em substituição aos adubos minerais ou como suplementação da adubação mineral e orgânica (FERREIRA et al., 1995; BELLOTE et al., 1995).

A rapidez de crescimento e a ausência de sintomas de deficiências, particularmente nas primeiras rotações, sedimentaram a idéia de que as plantações de *Pinus* dispensariam a prática da fertilização mineral. Entretanto, estreita interdependência entre os fatores de solo e as suas relações com o estado nutricional e a produtividade dessas espécies tem sido demonstrada.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivos avaliar o efeito de cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira sobre o desenvolvimento e a absorção de nutrientes por mudas de *Pinus taeda* L.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação da *Embrapa Florestas*, em Colombo, PR, com controle total da irrigação e parcial da temperatura. A implantação foi feita em 30 de janeiro de 2007, utilizando-se mudas de *P. taeda* com seis meses de idade, cujas sementes foram originadas de jardim clonal de primeira geração. Foram utilizados vasos com 15 cm de diâmetro e 35 cm de altura, confeccionados com acetato transparente fixado em uma base de concreto, sendo plantada uma muda por vaso. Os vasos eram vedados para evitar a perda de líquido.

Amostra de um Cambissolo Húmico foi coletada na camada de 0 a 20 cm, no Município de Piraí do Sul, PR. Após secar, peneirar e homogeneizar o solo, porções do mesmo foram colocadas nos vasos, sendo as alíquotas de cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira (a partir deste ponto será referido apenas como cinza), correspondentes a cada tratamento, aplicadas na camada de 0 a 10 cm, completando o acondicionamento do solo nos vasos, após preencher os mesmos com 20 cm de solo. Na biomassa vegetal havia o predomínio de tronco.

Os tratamentos (doses de cinza em base seca) foram equivalentes a 0; 10; 20; 40 e 80 t.ha⁻¹, distribuídos em delineamento estatístico inteiramente ao acaso com quatro repetições, totalizando 20 parcelas. A cinza utilizada neste estudo foi gerada em caldeira de unidade industrial de celulose, instalada em Piraí do Sul, PR.

O teor de umidade do solo nos vasos foi mantido em níveis próximo a 90 % da capacidade de campo, por meio de irrigações com água destilada e deionizada.

A avaliação do ensaio foi realizada 148 dias após a implantação. As acículas de cada planta foram coletadas e preparadas para análise química, sendo determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 10 cm, 10 cm a 20 cm e 20 cm a 30 cm, sendo determinados o pH em CaCl₂, a acidez potencial (H+Al) e os teores de Ca, Mg, K, P, Na e C, conforme metodologia descrita em Silva (1999). Com base nos valores determinados, foram estimados a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC ou T), as saturações por bases e de Na e K na CTC e as razões das relações entre Ca/Mg, Ca/K, (Ca+Mg)/K e $K/\sqrt{Ca+Mg}$.

Para avaliar o efeito da cinza sobre o desenvolvimento das mudas, foram utilizados como variáveis o crescimento relativo em altura e em diâmetro do caule das mudas, realizando uma avaliação na instalação e outra ao final do período de condução do ensaio. Avaliaram-se também as massas secas da parte aérea, da raiz e total. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos dos tratamentos foram significativos a 5 % de probabilidade do erro, foi

realizada a análise de regressão, sendo selecionados os modelos que apresentaram o melhor ajuste aos dados.

Antes da instalação do ensaio, foram feitas análises química e física do solo (Tabela 1) e da cinza (Tabelas 2 e 3). Os valores de pH em água e em CaCl_2 a 0,01 M foram 11,2 e 10,6, respectivamente. Com base nos teores totais de Ca e Mg, estimou-se o poder de neutralização (PN = 8,25 %) da cinza, baseado em metodologia descrita em Maeda et al. (1996).

Tabela 1. Resultados da análise química e física do solo utilizado no ensaio.

pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	T	V	CO	P	Areia	Silte	Argila
CaCl_2	----- $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ -----						%		$\text{MG}.\text{dm}^{-3}$	---- $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ----			
3,9	0,15	0,42	0,32	2,2	12,1	0,03	13,0	7,1	34,2	4,41	68,6	17,4	14,0

Tabela 2. Resultados da análise química da cinza de biomassa vegetal, conforme metodologia descrita em Kiehl (1985).

Característica	Teor ou valor ($\text{g}.\text{kg}^{-1}$)
Umidade perdida a 65° C	13,9
Umidade perdida entre 65 e 110° C	0,50
Resíduo mineral total 550° C	59,4
Resíduo mineral solúvel	14,9
Resíduo mineral insolúvel	44,5
Carbono orgânico	5,94
Carbono total	14,4
Matéria orgânica total	25,9
Matéria orgânica compostável	10,7
Matéria orgânica resistente	15,2
N total	1.040

Tabela 3. Resultados da análise química da cinza de biomassa vegetal, conforme metodologia descrita em Kiehl (1985).

Característica	Teor ($\text{mg}.\text{kg}^{-1}$)
P	3.020
K	11.949
Ca	26.018
Mg	4.176
S	617
Na	1.002
Cr	35
As	6,4
Cu	34
Fe	15.482
Mn	1.156
B	59,8
Zn	48,2

Resultados e Discussão

Efeito da cinza sobre características químicas do solo

Não se observou efeito da cinza aplicada nos teores de C e nas relações Ca/K e (Ca+Mg)/K em nenhuma das camadas estudadas, enquanto a relação Ca/Mg foi alterada na camada intermediária. As demais características estudadas foram alteradas pelo efeito das doses de cinza nas três camadas avaliadas (Tabela 3).

A aplicação de doses da cinza promoveu a elevação no valor do pH em CaCl_2 , sendo esse efeito mais pronunciado na camada superficial, seguida pela camada intermediária e menor na camada mais profunda (Figura 1a). Esse efeito pode ser explicado pelo poder de neutralização apresentado pela cinza avaliada, que embora baixo (PN = 8,25 %), em função das doses aplicadas, apresentaram efeito significativo no aumento do pH. O efeito mais pronunciado observado na camada

superficial deve-se ao fato de ter sido o local de aplicação da cinza, enquanto que na camada intermediária e na mais profunda, as alterações no pH podem ser explicadas pela movimentação de componentes alcalinos da cinza juntamente com a água aplicada na irrigação. Prado et al. (2002) observaram efeito semelhante, como resultado da aplicação de cinza de caldeira em solo utilizado como substrato para produção de mudas de goiabeira. A cinza utilizada por esses autores apresentou poder de neutralização de 97,7 %, reatividade de 91,9 % e PRNT de 89,8 %.

O teor de Al trocável e a acidez potencial foram diminuídos com a aplicação da cinza, sendo que os efeitos mais acentuados foram observados na camada superficial, por ser este o local de aplicação do resíduo. Na camada superficial, o Al trocável foi totalmente neutralizado nas doses 40 e 80 t ha⁻¹, enquanto que na camada intermediária a neutralização total foi observada na maior dose (Figura 1b e 1c). Deve-se salientar que a espécie estudada é tolerante à acidez do solo e à presença de Al (GONÇALVES et al., 1997).

Os teores de Ca, Mg e K foram aumentados como resultado da aplicação das doses de cinza, sendo os maiores teores observados na camada superficial e nas maiores doses. Os aumentos observados nos teores dos três nutrientes nas camadas intermediária e na mais profunda devem-se à lixiviação dos nutrientes presentes na cinza aplicada (Figuras 1d, 1e e 1f). A cinza estudada apresenta teores expressivos, principalmente, de Ca e K, podendo ser importante fonte de fornecimento dos nutrientes (Tabela 2).

Com a aplicação de 10 t.ha⁻¹ de cinza, o teor de Ca + Mg, considerado crítico (2 cmol_c.dm⁻³) por Bellote e Neves (2001), foi superado nas camadas superior e intermediária enquanto o teor de K (0,15 cmol_c dm⁻³) foi superado nas três camadas avaliadas (Tabela 3).

De forma semelhante ao observado com os teores de Ca, Mg e K, foi observado efeito da aplicação de doses de cinza sobre os teores de P nas três camadas estudadas, sendo esse efeito mais pronunciado na camada superficial por ser o local de incorporação do material (Figura 2a). A elevação no teor de P pode ser explicada pela sua presença na cinza aplicada, uma vez que cada tonelada de cinza contém 3 kg de P (Tabela 2), o que, embora modesto, pode se tornar importante quando aplicadas doses elevadas.

No geral, a principal preocupação em relação à aplicação do resíduo estudado, além das questões

relacionadas com elementos tóxicos eventualmente presentes, refere-se aos desequilíbrios que o mesmo pode provocar nas relações entre os nutrientes do solo, reduzindo a disponibilidade dos mesmos para as plantas, uma vez que todos os elementos essenciais às plantas podem encontrar-se presentes na cinza, em quantidades que nem sempre estão em equilíbrio com as suas necessidades.

Com a elevação do pH em níveis próximos à neutralidade, pode-se induzir, entre outros efeitos, a deficiências de micronutrientes, como o Cu, Mn e Zn. O maior valor de pH foi observado na maior dose de cinza aplicada na camada superficial – pH em CaCl₂ de 5,5, o que pode corresponder ao pH em água próximo a 6,1, indicando acidez fraca, conforme Alvarez et al. (1999).

A saturação de K na CTC é um dos indicadores da disponibilidade do nutriente para as plantas. No caso da cultura da soja, valores de saturação de K na CTC do solo superiores a 2,5 %, são desejáveis por propiciar condições adequadas para aumentar a absorção de K (COSTA; OLIVEIRA, 2001). No caso deste estudo, os valores dessa variável foram aumentados com a elevação das doses de cinza, sendo esse efeito mais expressivo na camada superficial (Figura 2b). Esse valor foi superado com a aplicação de 10 t.ha⁻¹, nas camadas de 0 a 10 cm, enquanto que nas camadas 10 cm a 20 cm e 20 cm a 30 cm, a saturação de K foi maior do que 2,5 % a partir da dose 20 t.ha⁻¹ (Tabela 3).

Os teores de P observados com a aplicação da maior dose de cinza (Tabela 3), nas camadas 0 a 10 cm e 10 cm a 20 cm, podem acarretar desequilíbrio na absorção de Zn, além da possível interferência no estabelecimento e na funcionalidade da associação micorrízica (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Na relação Ca/Mg, o efeito da aplicação de cinza foi significativo apenas na camada 10 cm a 20 cm (Figura 2c). Para o caso dessa relação, existem indicações de que as espécies de plantas cultivadas não são prejudicadas mesmo que essa relação varie de 1:1 até 25:1, desde que os teores absolutos de cada nutriente encontrem-se em níveis adequados (COSTA; OLIVEIRA, 2001), uma vez que as mesmas apresentam grande capacidade de adaptação e só em valores extremos seriam prejudicadas (RAIJ, 1983).

A aplicação de cinza alterou os quocientes da relação $K/\sqrt{Ca + Mg}$ em todas as camadas e doses estudadas, aumentando o seu valor com o aumento das doses aplicadas, com efeito mais pronunciado na camada

superficial (Figura 2d). Apesar de não existir informação disponível na literatura para pínus, observa-se que na cultura da soja, podem ocorrer respostas à aplicação de K quando o quociente dessa relação for inferior a 0,13, valor este superado com a aplicação de 10 t ha⁻¹. No intervalo entre 0,13 e 0,20, é provável que haja resposta à aplicação de K, e quando o valor da relação for maior que 0,20, a probabilidade de resposta à aplicação de K é baixa (COSTA; OLIVEIRA, 2001).

A presença de elementos como As e Cr na cinza pode inviabilizar a sua aplicação em razão de sua toxicidade aos seres humanos, que podem sofrer com a possível contaminação do solo e de águas subterrâneas ou mesmo pelo consumo de alimentos contaminados, mesmo esses elementos estando presentes no solo em condições naturais, como relatado por Oliveira et al. (2002), que encontraram em Latossolo Ferrífero, da região de cerrados, 36 mg.kg⁻¹ de As. O teor estimado de As no solo resultante da aplicação de 80 t.ha⁻¹ de cinza, tendo como referência a camada de 0 a 20 cm e densidade do solo de 1 g.cm⁻³, corresponderia a 0,24 mg.dm⁻³.

Tabela 4. Resultados analíticos de características químicas de amostras de um Cambissolo Húmico (camadas 0 a 10 cm, 10 cm a 20 cm e 20 cm a 30 cm), submetidos a doses de cinza de caldeira. Efeito de doses em cada camada. Médias de quatro repetições.

Dose	Camada	pH CaCl ₂	Ca	Mg	Al	K	H+Al	T	V	K*	C	P	Ca/K	Ca/Mg	(Ca+ Mg)/K	K/√(Ca+ Mg)
0	0-10	4,2	0,4	0,3	0,7	0,09	6,31	7,2	12,4	1,2	25,0	5,4	4,9	1,4	8,6	0,10
10	0-10	4,4	1,6	0,7	0,5	0,25	5,30	7,9	32,6	3,1	23,9	9,0	6,4	2,5	9,3	0,16
20	0-10	4,7	3,1	1,5	0,3	0,44	4,40	9,5	53,2	4,6	24,5	14,5	7,1	2,2	10,4	0,21
40	0-10	5,0	3,8	1,4	0,0	0,70	3,40	9,4	62,4	7,9	22,8	18,4	5,9	2,6	7,8	0,34
80	0-10	5,5	7,3	2,5	0,0	1,17	2,31	13,5	82,9	8,7	22,6	37,4	6,4	3,1	8,6	0,37
CV - %		0,58	30,00	26,50	16,10	17,80	1,80	10,80	10,20	29,50	8,50	23,70	30,70	10,80	24,60	29,20
P		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ns	0,00	ns	ns	ns	0,00
0	10-20	4,2	0,6	0,2	0,8	0,09	6,42	7,4	13,0	1,3	24,3	5,4	6,5	2,7	9,0	0,10
10	10-20	4,2	1,2	0,9	0,6	0,19	6,08	8,4	27,8	2,3	24,2	7,0	6,3	1,4	11,0	0,14
20	10-20	4,4	2,6	1,0	0,4	0,32	5,40	9,4	42,5	3,4	24,5	9,4	8,4	2,6	11,7	0,17
40	10-20	4,6	2,4	1,0	0,3	0,50	4,69	8,7	45,4	5,8	22,9	10,8	4,9	2,5	6,9	0,28
80	10-20	5,0	5,8	2,0	0,0	0,96	3,35	12,2	72,4	7,9	25,1	27,9	6,3	2,9	8,4	0,35
CV - %		2,50	27,10	23,6	24,30	53,10	6,40	9,10	12,00	25,80	11,10	29,00	30,50	26,90	27,50	25,90
P		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ns	0,00	ns	0,03	ns	0,00
0	20-30	4,2	0,6	0,3	0,7	0,11	6,41	7,4	13,4	1,5	23,6	6,7	5,1	2,4	7,7	0,12
10	20-30	4,1	0,8	0,5	0,7	0,16	6,61	8,1	18,0	2,0	25,1	6,7	5,1	2,3	7,9	0,14
20	20-30	4,2	1,5	0,7	0,7	0,22	6,16	8,6	28,4	2,5	24,8	6,7	6,8	2,8	10,2	0,15
40	20-30	4,1	1,6	0,7	0,6	0,20	6,67	9,2	27,1	2,2	26,2	4,9	7,7	2,3	11,5	0,14
80	20-30	4,4	3,6	1,6	0,3	0,51	6,25	11,0	51,4	4,5	22,1	16,0	7,5	2,3	10,7	0,22
CV - %		2,80	37,60	51,50	17,90	40,00	7,00	7,40	24,00	29,00	10,90	34,20	31,00	66,30	23,70	22,40
P		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ns	0,00	ns	ns	ns	0,01

*saturação de K da T.

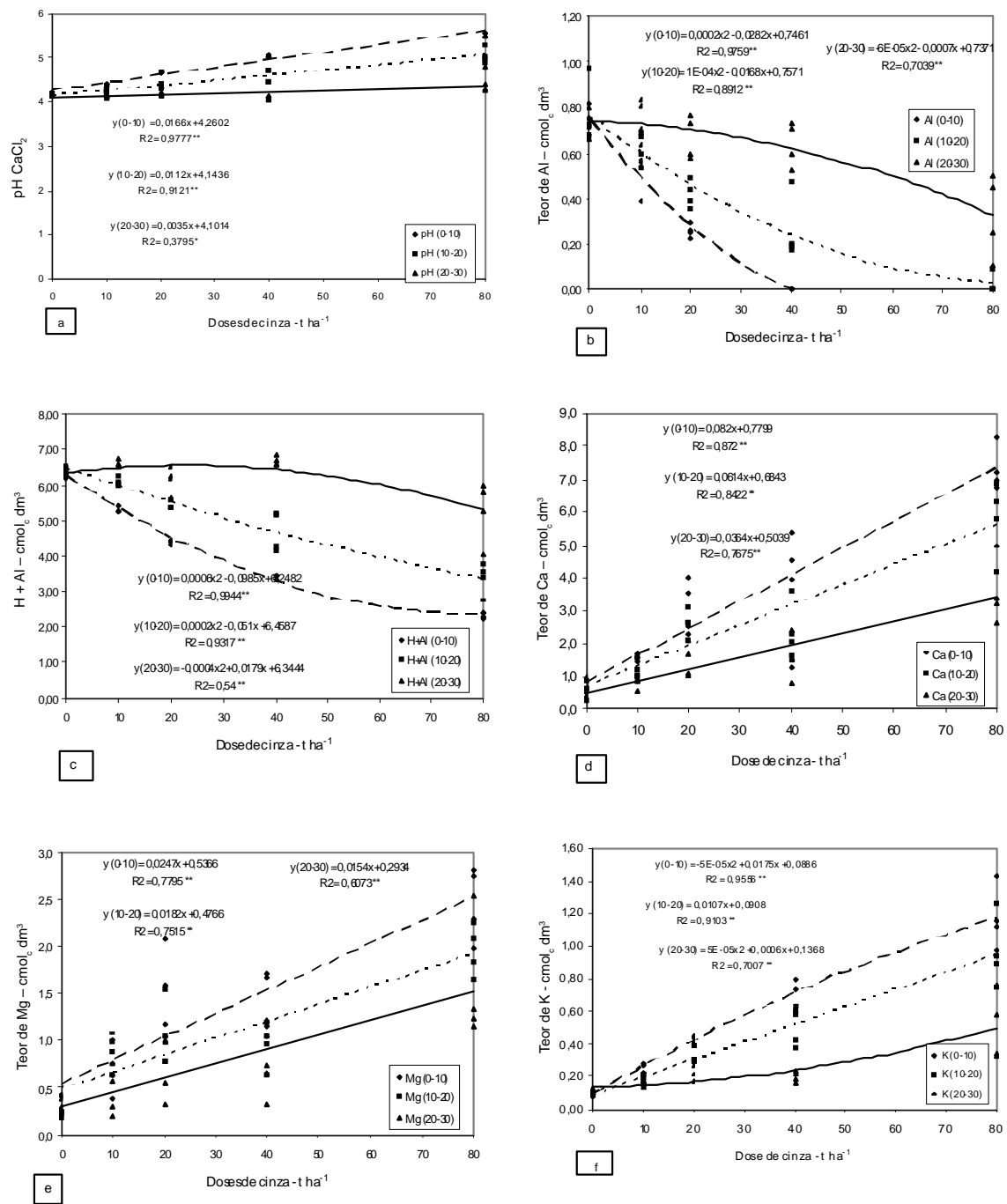


Figura 1. pH em CaCl₂ (a), teor de Al (b), acidez potencial (c) e teores de Ca (d), Mg (e) e K (f) com a aplicação de doses de cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira.

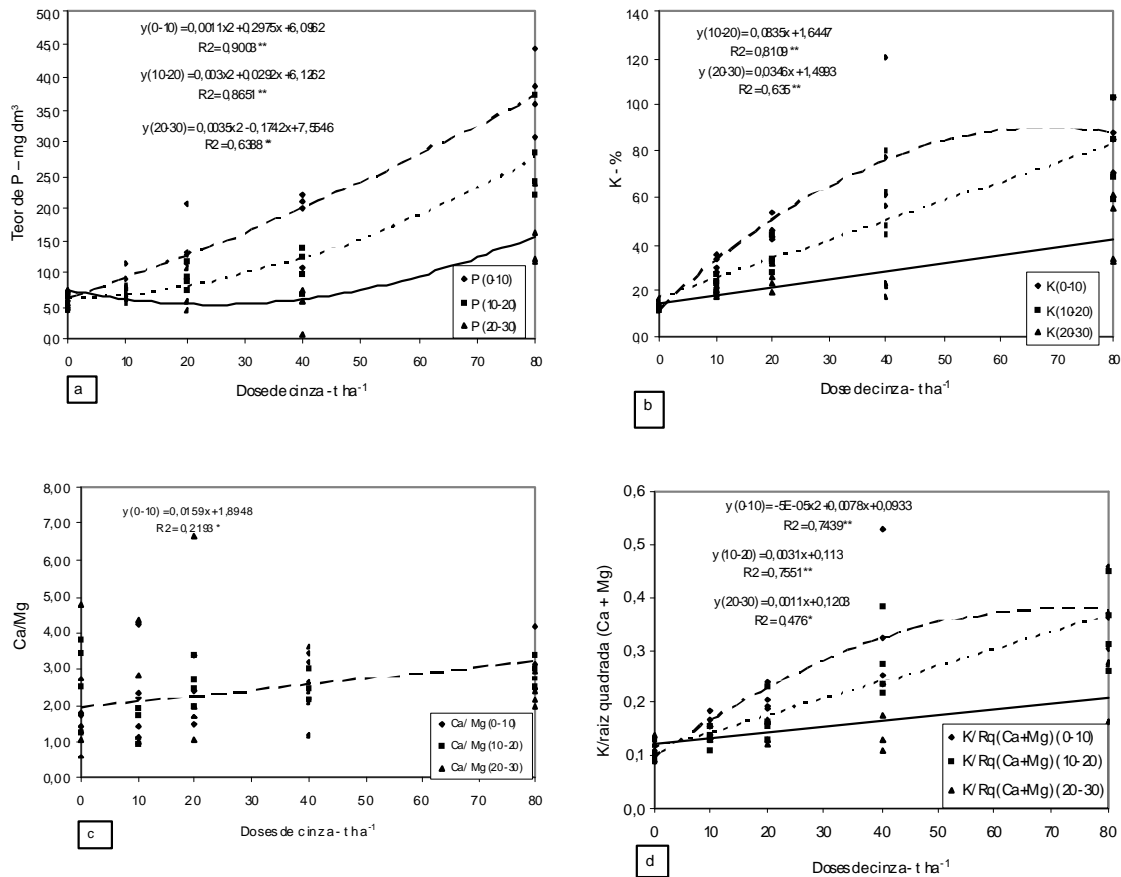


Figura 2. Teor de P (a), saturação de K (b), relação Ca/Mg (c) e relação $K/\sqrt{Ca + Mg}$ (d) com a aplicação de doses de cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira.

Efeito da cinza sobre o crescimento das mudas

Não houve efeito da aplicação da cinza sobre o crescimento em altura e diâmetro do caule e sobre a biomassa seca das mudas de *P. taeda* em nível de 5 % de probabilidade pelo teste de F (Tabela 5). É provável que a falta de resposta à aplicação da cinza de biomassa deva-se à adequada disponibilidade de nutrientes no solo utilizado, conforme pode ser observado na Tabela 1. O teor inicial de K seria categorizado como alto e o de P como médio (BELLOTE; NEVES, 2001). Para Ca e Mg, não existem calibrações específicas para *Pinus*

taeda disponíveis no Brasil. Com relação ao Al, embora o teor seja categorizado como alto, a sua saturação na CTC é relativamente modesta (17 %) e, para uma espécie tolerante à sua presença, não se constitui em limitação importante. Outra provável causa da falta de resposta pode estar relacionada com o tempo de condução do ensaio que não permitiu a manifestação de efeito dos tratamentos, visto que o expressivo incremento no crescimento das árvores de *Pinus* ocorre por volta do quarto ou quinto ano após o plantio.

Tabela 5. Resultados de avaliações do efeito de doses de cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira, no crescimento relativo em altura (h) e diâmetro do caule (dc) e em massas secas da raiz (r), da parte aérea (pa) e total de mudas de *Pinus taeda*.

Dose t ha ⁻¹	Crescimento relativo - %		Massa seca - g		
	h	dc	r	pa	total
0	8,03	175,0	7,07	8,21	15,29
10	9,91	136,5	6,70	7,24	13,95
20	14,40	113,9	5,70	7,90	13,60
40	15,70	162,2	7,02	7,97	14,98
80	11,20	154,5	7,46	7,87	15,32
P	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	74,09	24,77	12,54	12,42	10,85

Efeito da cinza sobre a absorção de nutrientes

A aplicação de cinza apresentou efeito significativo apenas nos teores de Cu nas acículas (Tabela 6), com redução no teor do nutriente como resultado do aumento da dose da cinza (Figura 3). Dos micronutrientes

presentes na cinza aplicada, o Cu é o que apresenta o mais baixo teor (Tabela 3). Aliados a esse fato, os valores de pH observados nas doses mais elevadas de cinza podem ter contribuído para o efeito observado. É provável que os teores dos demais nutrientes disponíveis no solo tenham sido suficientes para atender a demanda nutricional das mudas durante o período de condução do ensaio.

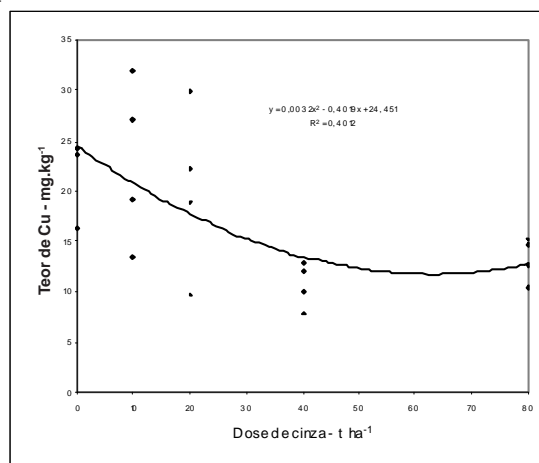


Figura 3. Teor de Cu nas acículas com a aplicação de doses de cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira.

Tabela 6. Teores de nutrientes em acículas de mudas de *Pinus taeda* em função dos tratamentos aplicados.

Dose t ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
0	22,41	1,36	6,28	7,17	1,14	22,11	110,19	727,90	112,18
10	22,23	1,50	6,60	5,18	1,27	22,94	92,19	624,15	124,63
20	19,70	1,43	6,73	4,66	1,34	20,11	76,24	657,92	95,77
40	21,59	1,52	6,72	4,70	1,18	10,72	82,56	511,45	106,20
80	20,99	1,57	5,79	5,07	1,03	13,26	100,19	464,65	105,39
P	ns	ns	ns	ns	ns	0,026	ns	ns	ns
CV - %	9,93	14,36	14,32	16,51	14,06	31,81	17,36	27,44	26,11

Conclusões

- A aplicação de doses de cinza de biomassa vegetal no solo diminui a acidez, aumenta a saturação por bases e os teores de Ca, Mg, K e P ;

- Não se observa efeito da aplicação de doses de cinza no desenvolvimento das mudas de *P. taeda*;

- Houve redução dos teores de Cu nas acículas de *P. taeda* decorrente da aplicação de doses de cinza no solo.

Referências

- ALVAREZ, V. H. V.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados de análise de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. V. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes no estado de Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais. 1999, p. 25-32.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. de T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 13, p. 327-354.
- BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. SILVA, H. D. da; ANDRADE, G. C. Efecto de la aplicación de ceniza y residuo de celulosa en el suelo y en el crecimiento de *Eucalyptus grandis*. In: **Simpósio IUFRO para el Cono Sur Sudamericano “Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales”**, Valdivia, Chile, Actas, p.317-323, 1995.
- BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 54).
- COSTA, J. M. da; OLIVEIRA, E. F. de. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Campo Mourão – Cascavel, PR: Coamo – Coodetec, 2001. 93p.
- COAMO/COODETEC - Agroindustrial Cooperativa - Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. 2.ed. Cascavel: COAMO, 2001. 93p.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 13, p. 327-354.
- FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; BELLOTE, A. F. J.; ANDRADE, G. de C. Efecto de la aplicación de ceniza y residuo de celulosa en la descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca en plantaciones de *Eucalyptus grandis*. In: SIMPOSIO IUFRO PARA CONO SUR SUDAMERICANO; Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales, 1995, Valdivia, Chile. **Actas**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 1995. p.335-339.
- GONÇALVES, J. L. de M.; RAIJ, B. van; GONÇALVES, J. C. Florestas: Conteúdo de macronutrientes em *Eucalyptus* e *Pinus*. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FULARNI, Â. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo - Fundag, 1997. Cap. 23, p. 247-259.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.
- MAEDA, S.; KURIHARA, C. H.; HERNANI, L. C.; SILVA, W. M. **Estudo dos materiais calcários usados como corretivos da acidez do solo em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1996. 22 p. (EMBRAPA-CPAO. Boletim de Pesquisa, 1).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MORO, L.; GONÇALVES, J. L. de M. Efeitos da “cinza” de biomassa florestal sobre a produtividade de povoamentos puros de *Eucalyptus grandis* e avaliação financeira. **IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p.18-27, jan./dez. 1995.
- OLIVEIRA, R. C.; CAMPOS, M. L.; SILVEIRA, M. L. A.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CURTI, N. Arsênio em solos do cerrado. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro, RJ. **Anais**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 1 CD-ROM.
- PRADO, R. de M.; CORREA, M. C. de M.; NATALE, W. Efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1493-1500, 2002.
- RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 142 p.
- SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos Campinas; Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.
- SBS. Estatísticas: área plantada com pinus e eucaliptos no Brasil. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm>. Acesso em 26 out. 2007.

Recebido em 2 de junho de 2007 e aprovado em 01 de setembro de 2008