



*Pinus taeda* L. Foto: Helton Damin da Silva

## Aplicação de Cinza de Biomassa Florestal para Plantio de *Pinus taeda* em Latossolo e Cambissolo de Piraí do Sul, PR

Shizuo Maeda<sup>1</sup>

Helton Damin da Silva<sup>2</sup>

Washington Luiz Esteves Magalhães<sup>3</sup>

### Introdução

A grande quantidade de resíduos geradas em caldeira pela queima de biomassa florestal de indústria de celulose e papel vem provocando preocupações ambientais e econômicas. Esse resíduo, comumente conhecido como cinza de caldeira, apresenta potencial para ser utilizado como insumo florestal, tanto pela quantidade produzida quanto pelas suas características químicas, podendo constituir-se em fonte de nutrientes para as plantas e como condicionador do solo de baixo custo. A sua qualidade como fonte de nutrientes depende da origem da biomassa utilizada e da intensidade de carbonização a qual o material é submetido, uma vez que esses fatores interferem na quantidade existente e na liberação dos nutrientes contidos na biomassa carbonizada. Com sua aplicação ao solo, soluciona-se ainda o problema de seu descarte, que é comum em muitas empresas do setor de celulose e papel no Brasil. O seu uso inadequado, como pode ser o caso da aplicação de quantidades excessivas desse resíduo, pode resultar em danos ao solo da área onde é realizada sua aplicação pelos desequilíbrios

provocados entre os nutrientes, resultando na indisponibilização desses para as plantas. A presença de metais pesados, componentes de preservativos da madeira, é outro aspecto a ser considerado na tomada de decisão quanto ao uso da cinza, uma vez que pode resultar danos ambientais, com a contaminação da água e do próprio solo onde é aplicado.

Assim, o presente comunicado técnico tem por objetivo relatar os resultados do trabalho conduzido para avaliar o potencial e as limitações da cinza de biomassa florestal gerada em caldeira como fonte de nutrientes para árvores de *Pinus taeda* L. e seus efeitos sobre a contaminação da água de percolação por metais presentes em produtos preservativos da madeira.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, onde, a partir de uma caracterização inicial dos solos (Tabela 1) e da cinza de caldeira (Tabela 2), coletados em Piraí do Sul, PR, avaliou-se aos 148 dias após a implantação, o efeito de doses de cinza de caldeira (equivalentes, em base seca, a 0, 10, 20, 40 e 80 t ha<sup>-1</sup>

1 Engenheiro Agrônomo, Dr., pesquisador da *Embrapa Florestas*. E-mail: maeda@cnpf.embrapa.br

2 Engenheiro Florestal, Dr., pesquisador da *Embrapa Florestas*. E-mail: helton@cnpf.embrapa.br

3 Engenheiro Químico, Dr., Pesquisador da *Embrapa Florestas*. E-mail: wmagalha@cnpf.embrapa.br

<sup>1)</sup>, sobre o desenvolvimento de mudas de *P. taeda* L. em Cambissolo e Latossolo, com base em: medidas de altura das mudas, da biomassa seca da raiz e da parte aérea; alterações químicas no solo e a avaliação da presença, na cinza, de arsênio, cobre e cromo total que são componentes de produtos conservantes da madeira. Outro componente base é a análise da água percolada na qual se avaliou a presença de indícios de lixiviação de elementos tóxicos que possam, de alguma forma, contaminar o solo ou o lençol freático.

Os vasos utilizados foram confeccionados com acetato transparente e apresentavam 15 cm de diâmetro e 35 cm de altura, sendo preenchidos com amostra de solo coletados na camada de 0 a 20 cm. As quantidades de cinza, equivalentes às doses estudadas, foram incorporadas na camada de 0 a 10 cm.

## Resultados

Como pode ser observado na Tabela 1, os solos estudados são ácidos, distróficos e apresentam teores adequados de K, enquanto o teor de P é baixo no Latossolo e médio no Cambissolo (CORSO, 2006). Com relação ao Ca e ao Mg, não existem referências para espécies de *Pinus*. Em função da tolerância das espécies de *Pinus* ao Al e a acidez do solo, essas características não são limitantes ao crescimento das referidas espécies (GONÇALVES et al., 1997).

Tabela 1. Resultados da análise, química e física, inicial do Cambissolo e do Latossolo utilizados no ensaio.

Característica	Cambissolo	Latossolo
pH CaCl <sub>2</sub>	3,90	4,20
K - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,15	0,40
Ca - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,42	2,52
Mg - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,32	0,19
Al - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,20	1,00
H + Al - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	12,10	6,40
Na - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,03	0,06
T - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	13,00	9,60
V - %	7,10	33,00
Carbono orgânico - g kg <sup>-1</sup>	34,20	24,40
P - mg dm <sup>-3</sup>	4,41	0,68
Areia grossa - g 100 g <sup>-1</sup>	56,90	33,70
Areia fina - g 100 g <sup>-1</sup>	11,70	5,95
Silte - g 100 g <sup>-1</sup>	17,40	16,35
Argila - g 100 g <sup>-1</sup>	14,00	44,00

Com relação às propriedades químicas da cinza utilizada, destaca-se o seu potencial como fonte, principalmente, de K, Ca e Fe. As presenças de As e Cr podem ser devidas à queima de materiais tratados com preservativos da madeira, sendo que em teores elevados na cinza podem constituir-se em problemas para sua aplicação ao solo.

As doses de cinza aplicadas apresentaram efeito apenas na massa seca da raiz no Cambissolo (Tabela 3). Isto pode estar relacionado com as condições iniciais de fertilidade do solo, com as baixas exigências nutricionais da espécie e ao tempo de condução do ensaio que não permitiu a exteriorização do efeito dos tratamentos aplicados.

Tabela 2. Resultados analíticos da cinza utilizada no estudo.

Característica	Valor/unidade	Característica	Valor/unidade
pH - água	11,2	P total	3020,0 mg kg <sup>-1</sup>
pH - CaCl <sub>2</sub> 0,01M	10,6	K total	11949,0 mg kg <sup>-1</sup>
Umidade perdida a 65° C	13,9 g 100 g <sup>-1</sup>	Ca total	26018,0 mg kg <sup>-1</sup>
Umidade perdida entre 65 e 110° C	0,5 g 100 g <sup>-1</sup>	Mg total	4176,0 mg kg <sup>-1</sup>
Resíduo mineral total 550°C	59,4 g 100 g <sup>-1</sup>	S total	616,7 mg kg <sup>-1</sup>
Resíduo mineral solúvel	14,9 g 100 g <sup>-1</sup>	Na total	1002,0 mg kg <sup>-1</sup>
Resíduo mineral insolúvel	44,5 g 100 g <sup>-1</sup>	Cr total	34,7 mg kg <sup>-1</sup>
Carbono orgânico	5,9 g 100 g <sup>-1</sup>	As total	6,4 mg kg <sup>-1</sup>
Carbono total	14,4 g 100 g <sup>-1</sup>	Cu total	34,0 mg kg <sup>-1</sup>
Matéria orgânica total	25,9 g 100 g <sup>-1</sup>	Fe total	15482,0 mg kg <sup>-1</sup>
Matéria orgânica resistente	15,2 g 100 g <sup>-1</sup>	Mn total	1156,0 mg kg <sup>-1</sup>
Fenóis totais	< 0,5 mg kg <sup>-1</sup>	B total	59,8 mg kg <sup>-1</sup>
N total	1040,0 mg kg <sup>-1</sup>	Zn total	48,2 mg kg <sup>-1</sup>

Ensaio baseado em Kiehl (1985).

Tabela 3. Resultados\* de avaliações do efeito de doses (em base seca) de cinza de caldeira no crescimento relativo em altura (h) e diâmetro do caule (dc) de mudas e em massas secas da raiz (r), da parte aérea (pa) e total de *Pinus taeda*, avaliados em Cambissolo (cam) e Latossolo (lat), coletados em Pirai do Sul, PR.

Dose t.ha <sup>-1</sup>	Crescimento relativo - %				Massa seca - g					
	h		dc		r		pa		total	
	cam	Lat	cam	lat	cam	lat	cam	lat	cam	lat
0	8,03	7,80	175,0	169,40	7,07 ab	5,32	8,21	6,30	15,29	17,92
10	9,91	11,90	136,5	144,20	6,70 ab	5,54	7,24	7,05	13,95	16,95
20	14,40	18,00	113,9	147,40	4,66 b	5,98	6,64	7,48	11,30	20,95
40	15,70	8,60	162,2	150,90	7,02 ab	6,42	7,97	7,24	14,98	20,91
80	11,20	14,00	154,5	131,10	7,46 a	5,71	7,87	6,15	15,32	18,01

\* valores seguidos por letras iguais nas colunas não diferem significativamente (Tukey 5 %); ausência de letras indica igualdade entre os valores pelo mesmo teste

Com relação à presença de elementos químicos componentes de produtos conservantes da madeira hidrossolúveis como o arseniato de cobre cromatado (CCA) e borato de cobre cromatado (CCB) na água percolada, os resultados analíticos das amostras coletadas nos tratamentos 0 e 80 t ha<sup>-1</sup> de cinza mostram que os teores presentes não se constituem em problemas relacionados à potabilidade da água percolada, conforme Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), indicando que a aplicação da cinza não provocou a sua contaminação, principalmente com As e Cr total (Tabela 4).

Tabela 4. Valor máximo permitido - VMP e teores de As, Cu, Cr total e B (mg L<sup>-1</sup>) em amostras de água percolada nos tratamentos.

Elemento	Dose - t ha <sup>-1</sup>				VMP <sup>1</sup>
	0		80		
	Cambissolo	Latossolo	Cambissolo	Latossolo	
As *	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01
Cu *	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2
Cr total *	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
B **	0	0	0,01	0	***

\* Determinado conforme Clesceri et al. (1998); \*\* determinado conforme Tedesco et al., (1985); \*\*\* não representa risco para a saúde (Portaria MS 518/2004); <sup>1</sup> conforme Portaria MS n.º 518/2004

#### Efeito da cinza sobre propriedades químicas do solo

A cinza aplicada promoveu a redução da acidez, avaliada pelo pH em CaCl<sub>2</sub>, além de promover a elevação dos teores de cátions básicos. Esse efeito foi observado em todas as camadas em ambos os solos estudados (Tabelas 5 e 6). O efeito mais pronunciado na camada superficial deve-se ao fato da cinza ter sido aplicado nessa camada, enquanto o efeito nas camadas inferiores deve à lixiviação de íons presentes na cinza aplicada.

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. Com a elevação do pH em níveis próximos à neutralidade, pode-se induzir, entre outros efeitos, a deficiências de micronutrientes, como são os casos do Mn e do Zn, por exemplo (MALAVOLTA et al., 1997). No caso deste estudo, à exceção do observado na dose 80 t ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> no Latossolo, cujo valor do pH em  $\text{CaCl}_2$  foi de 5,9, na camada de 0-10 cm, o que equivale a aproximadamente 6,4 a 6,6 do pH em água, este problema não foi observado nos demais tratamentos nos dois solos estudados.

No caso do *Pinus*, a faixa de saturação por bases considerada adequada é de 40 % a 50 % (SANTOS et al., 2007). No Cambissolo, a dose necessária para atingir o limite inferior foi de  $15,3 \text{ t ha}^{-1}$ , enquanto para atingir o limite superior foi de  $21,3 \text{ t ha}^{-1}$ , ambas para a camada de 0 a 10 cm. Considerando o valor médio da saturação por bases das camadas 0 a 10 cm e 10 cm a 20 cm, as doses de cinza necessárias para atingir 40 % e 50 % do valor de V seriam,

respectivamente, de 15 e  $22 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 1). No Latossolo, a saturação por bases na camada 0 a 10 cm, sem aplicação do resíduo, foi de 50,6 %, e com a aplicação da maior dose de 83,4 % - diferença de 32,8 %. O efeito da aplicação da cinza foi mais pronunciado no Cambissolo -  $V = 12,4 \%$  na menor dose e  $V = 82,9 \%$  na maior dose - diferença de 70,5 % (Tabela 5), indicando que maiores cuidados devem ser observados quando da aplicação de cinza de biomassa vegetal em solos com características semelhantes às apresentadas pelo Cambissolo estudado. No caso do Latossolo, considerando a média das camadas 0 a 10 cm e 10 cm a 20 cm, a dose estimada para elevar a saturação por bases a 50 %, é de  $7,7 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 1).

Tabela 5. Resultados dos testes de Tukey <sup>1</sup>, aplicado em características químicas de amostras de um Cambissolo coletadas nas camadas (cam) 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm submetidos a doses de cinza de caldeira. Médias de 4 repetições.

Dose $\text{t ha}^{-1}$	Cam - cm -	pH $\text{CaCl}_2$	Ca	Mg	Al	K	V -- % --	P $\text{mg dm}^{-3}$
			----- $\text{cmolc. dm}^{-3}$ -----					
0	0 a 10	4,2	0,4	0,3	0,74	0,09	12,4	5,4
	10 a 20	4,2	0,6	0,2	0,76	0,09	13,0	5,4
	20 a 30	4,2	0,6	0,3	0,74	0,11	13,4	6,7
10	0 a 10	4,4	1,6 a	0,7	0,5 b	0,25 a	32,6 a	9,0
	10 a 20	4,2	1,2 b	0,9	0,6 ab	0,19 b	27,8 b	7,0
	20 a 30	4,1	0,8 c	0,5	0,7 a	0,16 b	18,0 c	6,7
20	0 a 10	4,7 a	3,1 a	1,50	0,3 c	0,4 a	53,2 a	14,5 a
	10 a 20	4,4 b	2,6 ab	1,04	0,4 b	0,3 b	42,5 b	9,4 ab
	20 a 30	4,2 c	1,5 b	0,70	0,7 a	0,2 c	28,4 c	6,7 b
40	0 a 10	5,0 a	3,8	1,4 a	0,0 c	0,7 a	62,4 a	18,4 a
	10 a 20	4,6 b	2,4	1,0 ab	0,3 b	0,5 b	45,4 b	10,8 ab
	20 a 30	4,1 c	1,6	0,7 b	0,6 a	0,2 c	27,1 c	4,9 b
80	0 a 10	5,5 a	7,3 a	2,5	0,0 b	1,2 a	82,9 a	37,4 a
	10 a 20	5,0 b	5,8 a	2,0	0,1 b	1,0 a	72,4 a	27,9 ab
	20 a 30	4,4 c	3,6 b	1,6	0,3 a	0,5 b	51,4 b	16,0 b

<sup>1</sup> valores seguidos por letras iguais nas colunas não diferem significativamente (Tukey 5 %); ausência de letras indica igualdade entre os valores pelo mesmo teste.

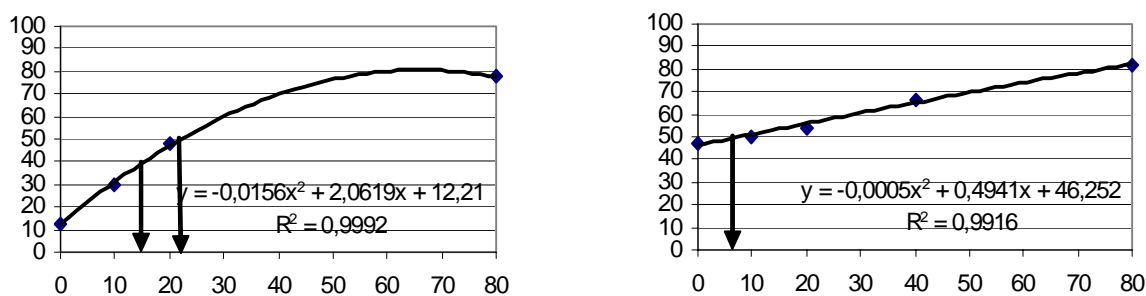


Figura 1. Relação entre doses de cinza -  $\text{t ha}^{-1}$  (eixo "x") e a saturação por bases - V% (eixo "y") na camada 0 a 20 cm, no Cambissolo (esquerda) e no Latossolo (direita).

## Conclusões

- A cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira não apresentou em sua composição elementos químicos com potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas;
- Os resultados das análises químicas do solo e da água de percolação, obtidos no experimento de casa-de-vegetação, indicaram que a cinza de caldeira não apresenta nenhum risco de contaminação do solo ou da água de lixiviação;
- Assim, a cinza avaliada pode ser utilizada como fonte de nutrientes e condicionador de solo em plantios de *Pinus taeda* nas condições e nas doses comentadas no item seguinte.

## Recomendações

A aplicação segura de cinza de caldeira avaliada, proveniente de biomassa vegetal, nos solos avaliados sob plantio de *Pinus taeda*, pode ser realizada, desde que sejam acatadas as seguintes recomendações:

a) realizar a análise do solo antes da aplicação da cinza de caldeira para se determinar a conveniência da implementação da prática. Em situação em que a saturação por bases for igual ou superior ao valor de referência utilizado para recomendação, não aplicar a cinza. Se a saturação por bases do solo for inferior ao valor de referência, a dose a aplicar deve ser reduzida proporcionalmente;

b) considerar as diferenças entre o Cambissolo e o Latossolo, pois elas induzem a diferentes respostas, e

c) doses

Cambissolo estudado - até 15 t ha<sup>-1</sup> (em base seca)

Latossolo estudado - até 8 t ha<sup>-1</sup> (em base seca)

Estas doses são baseadas nos seguintes critérios:

1) valor da saturação de bases das camadas 0 a 20 cm, de 40 % para o Cambissolo e de 50 % para o Latossolo;

2) teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P) sem desequilíbrio aparente;

3) pH em CaCl<sub>2</sub> entre 4,5 e 4,7, para ambos os solos nas doses recomendadas.

d) Cuidados na aplicação

1) para evitar o escoamento superficial, deve-se fazer a aplicação:

- no momento do preparo de solo para plantio;
- em terrenos planos ou com pouca inclinação;
- em época de estiagem.

2) equipamento de aplicação em campo deve ser freqüentemente aferido para evitar aplicação de doses excessivas;

e) Cuidados na aquisição de matéria prima para uso nas caldeiras:

– Não devem ser utilizadas cinzas provenientes da queima de madeira ou resíduo de biomassa submetidos a tratamentos preservativos, principalmente à base de cromo (Cr), arsênio (As), boro (B) e cobre (Cu);

– Para que esta medida tenha eficácia, recomenda-se o monitoramento das fontes fornecedoras, evitando resíduos de serraria que fazem o tratamento da madeira.

f) Considerando que o nível de carbonização da biomassa vegetal interfere nas características químicas da cinza gerada, entre as quais na disponibilidade de nutrientes, resultando em comportamentos distintos da mesma quando aplicado ao solo, é de vital importância a caracterização do produto a ser utilizado antes de sua aplicação, tendo em vista que as doses a serem aplicadas devem ser compatíveis com a cinza utilizada neste estudo, a qual foi utilizada como referência para a recomendação.

## Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria\\_518\\_2004.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2008.

CORSO, N. M. (Coord.). **Trabalhador em reflorestamento: cultivo de pinus**. Curitiba: SENAR, 2006. 68 p.

GONÇALVES, J. L. de M.; RAIJ, B. van; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 247-259. (IAC. Boletim Técnico, n. 100)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1989. 201 p.

SANTOS, A .F. dos; SILVA, H. D.da; FERREIRA, C. A.; AUER, C. G.; BELLOTE, A .F. J. Importância sócio econômica e ambiental. Revista da Madeira, n107, ano 18, setembro de 2007. Disponível em <<http://www.remade.com.br/pt/revista/materia.php?edicao=107=107&id=1133>> Acesso em 25 fev. 2008

### Comunicado Técnico, 198

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Florestas**

**Endereço:** Estrada da Ribeira Km 111, CP 319  
**Fone / Fax:** (0\*\*\*) 41 3675-5600  
**E-mail:** sac@cnpf.embrapa.br

**1ª edição**

1ª impressão (2007): conforme demanda

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



### Comitê de Publicações

**Presidente:** Luiz Roberto Graça

**Secretária-Executiva:** Elisabete Marques Oaida

**Membros:** Álvaro Figueredo dos Santos,  
Edilson Batista de Oliveira, Honorino R. Rodigheri,  
Ivar Wendling, Maria Augusta Doetzer Rosot,  
Patrícia Póvoa de Mattos, Sandra Bos Mikich, Sérgio Ahrens

### Expediente

**Supervisão editorial:** Luiz Roberto Graça

**Revisão de texto:** Mauro Marcelo Berté

**Normalização bibliográfica:** responsabilidade do autor

**Editoração eletrônica:** Mauro Marcelo Berté