



Pinus taeda. Foto: Helton Damin da Silva

Cinza de Biomassa Florestal como Insumo para Plantio de *Pinus taeda* em Cambissolo e Latossolo em Vargem Bonita, SC

Shizuo Maeda
Helton Damin da Silva
Antonio Francisco Jurado Bellote
Dalva Luiz de Queiroz Santana
Ildefonso A. A. Saldanha
Renato Antônio Dedecek
Edson Alves de Lima

Introdução

A queima de biomassa vegetal para geração de energia em caldeira resulta na produção de um resíduo que se constitui em passivo ambiental em algumas indústrias que fazem uso dessa fonte energética. Por suas características químicas, esse resíduo, comumente denominado de cinza de caldeira, pode constituir-se em fonte de nutrientes para as plantas e como condicionador do solo de baixo custo. Além disso, com sua aplicação ao solo, soluciona o problema de descarte, que é comum em algumas empresas do setor de celulose e papel no Brasil que fazem uso dessa fonte energética. No entanto, o 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 pelas alterações provocadas nas relações entre os nutrientes. A presença de metais pesados resultante da queima de biomassa florestal, tratada com preservativos da madeira, pode resultar em danos

ambientais, com a contaminação da água e do próprio solo onde é aplicado.

Dessa forma, objetiva-se com este trabalho relatar os resultados quanto ao potencial e às limitações da cinza de biomassa florestal gerada em caldeira como fonte de nutrientes para árvores de *Pinus taeda* L.

Metodologia

Os resultados aqui apresentados baseiam-se em dois experimentos, sendo um conduzido em condições de vaso, em casa-de-vegetação, no qual a partir de uma caracterização inicial da cinza de caldeira (Tabela 1), avaliou-se aos 186 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⁻¹), sobre o desenvolvimento de mudas de *Pinus taeda*.

Estas foram avaliadas em: medidas de altura, da biomassa seca da raiz e da parte aérea; além das alterações químicas provocadas no solo; e a avaliação

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 Agrônomo, PhD., pesquisador da *Embrapa Florestas*, e-mail - bellote@cnpf.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., pesquisadora da *Embrapa Florestas*, e-mail - dalva@cnpf.embrapa.br

⁵ Engenheiro Florestal, Gerente de Silvicultura e Manejo da Celulose Irani SA, e-mail - ildefonso@papel.irani.com.br

⁶ Engenheiro Agrônomo, PhD., pesquisador da *Embrapa Florestas*, e-mail - dedeck@cnpf.embrapa.br

⁷ Licenciado em Ciências Agrícolas, Dr., pesquisador da *Embrapa Florestas*, e-mail - edson@cnpf.embrapa.br

de componentes de produtos conservantes da madeira (arsênio, cobre e cromo total) na água percolada.

Nesse estudo foi utilizado amostra de um Cambissolo.

O segundo experimento encontra-se em execução, em condições de campo no distrito de Campina da Alegria, Município de Vargem Bonita, SC, no qual estão sendo avaliados os efeitos de doses de cinza de caldeira em base seca (0, 10, 20, 40 e 80 t ha⁻¹) aplicadas uniformemente sobre toda a superfície aos dois anos após o plantio das mudas. Um ano após a aplicação dos tratamentos, foram avaliados os seus efeitos sobre o crescimento de árvores de *Pinus taeda* e sobre algumas características químicas do solo. Esse estudo está sendo conduzido em um Latossolo.

Resultados

Experimento em casa-de-vegetação

Conforme pode ser observado na Tabela 2, quantidades expressivas de K₂O e P₂O₅ foram

adicionadas a partir da dose 10 t ha⁻¹, indicando que a cinza constitui-se em importante fonte desses nutrientes para as plantas. A ênfase dada aos dois nutrientes deve-se ao fato de que os mesmos são os principais nutrientes normalmente aplicados.

A aplicação da cinza de caldeira não promoveu alterações sobre o crescimento em altura e diâmetro do caule e sobre a biomassa seca das mudas de *P. taeda* (Tabela 3). Tal comportamento, provavelmente, deve-se ao fato das quantidades de nutrientes existentes no solo terem sido suficientes para suprir as necessidades das mudas durante o período de crescimento nos vasos visto que as plantas de *P. taeda* são pouco exigentes em fertilidade do solo e/ou ao tempo de condução do experimento que não permitiu a observação de efeitos dos tratamentos no crescimento, uma vez que as plantas de pínus demoram para expressar as respostas ao aporte de nutrientes.

Tabela 1. Resultados analíticos da amostra da cinza de caldeira utilizada no estudo.

pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	Ca + Mg	Al	H + Al	CO	P	Na
			cmol _c dm ⁻³				g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	
11,23	6,89	4,11	0,30	4,41	0	0	21,87	714	160

obs.: P, K e Na conforme Mehlich 1; Ca, Mg e Al extraídos com KCl 1N e CO extraído K₂Cr₂O₇ (Walkley-Black).
CO = carbono orgânico.

Tabela 2. Quantidades de nutrientes estimadas com base nas doses da cinza aplicada e nos resultados analíticos da Tabela 1.

Dose da cinza t ha ⁻¹	Elementos/óxidos				
	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na
	kg ha ⁻¹				
10	102,7	36,5	1,9	51,8	5,2
20	205,4	72,9	3,8	103,5	10,4
40	410,8	145,9	7,6	207,1	20,8
80	821,5	291,8	15,3	414,2	41,6

obs.: densidade da cinza = 0,316 g mL⁻¹

Tabela 3. Resultados de avaliações do efeito de doses da 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*. Médias comparadas por Tukey a 5 %.

Dose da cinza t ha ⁻¹	Crescimento relativo			Massa seca	
	h	dc	r	Pa	Total
	%			g	
0	110,0	160,5	3,95 b	18,01	21,95
10	114,5	150,0	4,47 b	21,28	25,75
20	128,0	205,0	4,89 ab	23,24	28,13
40	135,7	189,2	6,66 a	24,82	31,48
80	99,5	231,5	4,53 b	19,99	29,32

Em geral, além das questões relacionadas com a presença de elementos tóxicos nos resíduos, os desequilíbrios que os mesmos podem provocar nas relações entre os nutrientes do solo, reduzindo a disponibilidade dos mesmos para as plantas, devem ser considerados quando de sua aplicação. A elevação do pH em níveis próximos à neutralidade pode induzir, entre outros efeitos, a deficiências de micronutrientes, como são os casos do Mn e do Zn, por exemplo. No caso desse trabalho, com a aplicação de 80 t ha⁻¹ de cinza, o valor do pH em CaCl₂ na camada de 0-10 cm foi de 5,2, o que equivale a aproximadamente 5,8 do pH em água (Tabela 4).

O intervalo da saturação de bases considerada adequada para espécies de pínus é de 40 % a 50 %. Nesse trabalho, para as camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, as doses de cinza necessárias para se atingir o limite inferior foram respectivamente, 8,0; 10,6 e 13,0 t ha⁻¹, e para atingir o limite superior, nas mesmas camadas, as doses foram, respectivamente, de 13,8; 17,5 e 23,7 t ha⁻¹. Considerando o valor médio das camadas 0-10 e 10-20 cm, para se elevar a saturação por bases a 40 % e 50 % são necessários, respectivamente, 8,5 e 14,7 t ha⁻¹ da cinza aplicada, conforme pode ser observado na Figura 1.

A aplicação de 10 t ha⁻¹ de cinza foi suficiente para elevar o teor de K em nível superior ao considerado adequado por Corso (2006) nas camadas 0-10 e 10-20 cm. Nas duas maiores doses, o valor sugerido de 0,15

cmol_c dm⁻³ foi superado em todas as camadas analisadas, confirmando que a cinza pode ser importante fonte fornecedora do nutriente. No entanto, deve-se atentar para a baixa capacidade de troca de cátions a pH 7,0 do solo estudado, o que pode induzir a perdas do elemento por lixiviação.

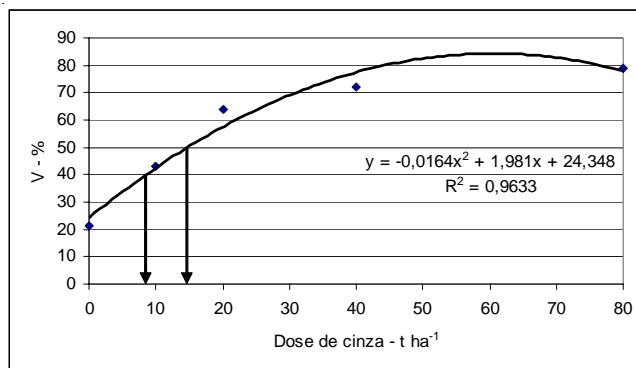


Figura 1. Relação entre doses de cinza de caldeira e a saturação por bases na camada 0-20 cm, observado no experimento em vaso, em Cambissolo de Campina da Alegria, Município de Vargem Bonita, SC.

A cinza pode constituir-se em importante fornecedora de Ca e Mg e também para reduzir os teores de Al, embora o pínus seja tolerante ao mesmo (Tabela 4).

Com relação ao P, o efeito foi significativo para as doses estudadas nas duas camadas superiores (Tabela 4). Os altos teores de P observados na maior dose, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, podem resultar em desequilíbrios na absorção de Zn, além da possível interferência na funcionalidade do sistema micorrízico do pínus.

Tabela 4. Nível de pH, teores de K, Ca, Mg, Al e T (cmol_c.dm⁻³), de P (mg.dm⁻³) e saturação por bases em três camadas de solo (1 - 0 a 10, 2 - 10 a 20 e 3 - 20 a 30 cm) submetidas a doses da cinza de caldeira (t ha⁻¹) em ensaio conduzido em vasos.

		Doses da cinza					Doses da cinza						
		-----t.ha ⁻¹ -----					-----t.ha ⁻¹ -----						
		0	10	20	40	80	0	10	20	40	80		
pH	1	4,04	4,21	4,58	4,82	5,21	T	1	6,16	8,38	10,43	11,20	11,31
	2	3,94	4,11	4,44	4,64	5,09		2	6,56	7,31	8,85	10,05	9,19
	3	3,93	4,05	4,28	4,45	4,72		3	7,03	7,26	8,15	8,97	7,57
K	1	0,07	0,26	0,51	0,78	1,05	Al	1	1,17	0,47	0,27	0,00	0,00
	2	0,07	0,16	0,29	0,49	0,85		2	1,31	1,18	0,94	0,31	0,57
	3	0,08	0,09	0,12	0,15	0,44		3	1,38	1,29	1,31	0,71	0,92
Ca	1	0,84	2,78	4,77	5,64	5,99	V	1	22,0	49,1	68,8	75,4	82,0
	2	0,91	1,87	3,55	4,16	4,12		2	20,9	37,2	59,3	68,9	75,9
	3	1,29	1,60	2,84	3,43	2,75		3	25,2	33,8	49,9	59,3	60,3
Mg	1	0,41	1,03	1,83	1,94	2,08	P	1	3,03	3,93	7,25	12,55	33,83
	2	0,36	0,65	1,36	2,17	1,89		2	1,45	2,15	3,50	4,08	20,20
	3	0,37	0,73	1,12	1,74	1,28		3	0,93	1,55	1,93	1,70	7,58

Uma importante preocupação em estudos sobre a aplicação de cinza de caldeira em áreas de produção, seja agrícola ou florestal, é quanto à presença de elementos químicos tóxicos, oriundos da queima de biomassa tratada com conservantes químicos, principalmente o CCA (arseniato de cobre cromatado) e o CCB (borato de cobre cromatado). Resíduos dos componentes desses conservantes permanecem na cinza, ao contrário de fenóis, oriundos, por exemplo, do pentaclorofenato de sódio, que são degradados durante a combustão da biomassa.

Com base em orientações contidas na Portaria MS nº 518/2004, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005), a qual "estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade", determinaram-se os teores de Cu, As e Cr total, na água percolada nos vasos com as doses de cinza aplicada. Conforme pode ser observado na Tabela 5, os teores de Cu, As e Cr total, em todas as doses, situaram-se em níveis inferiores ao valor máximo permitido (VMP), o que pode ser atribuído, entre outros fatores, aos baixos teores dos mesmos presentes na cinza aplicada.

Experimento em campo

Conforme pode ser observado na Tabela 6, não houve efeito significativo da aplicação de doses de cinza de caldeira no crescimento das árvores de *P. taeda*, em altura e DAP.

Entre as possíveis causas desse comportamento, podem ser mencionadas: a) condições químicas, no que se refere à disponibilidade de nutrientes, no solo, adequadas para o normal desenvolvimento das árvores de *P. taeda*; como pode ser observado na Tabela 7, onde os teores de K encontram-se em níveis altos, e o

de P em nível médio, conforme Corso (2006); b) estreito intervalo de tempo entre a aplicação e a avaliação realizada, não possibilitando a manifestação do efeito dos tratamentos sobre o desenvolvimento das árvores, e c) os incrementos em crescimento das árvores são mais acentuados a partir do quinto ano de plantio no campo.

Tabela 6. Resultados médios de altura e de diâmetro à altura do peito – DAP, de três árvores dominantes de *Pinus taeda* por parcela nas doses de cinza estudadas. Árvores com 3 anos de plantio no campo.

Doses da cinza – t ha ⁻¹	Altura das árvores - m	DAP - cm
0	4,69	7,74
10	4,52	7,70
20	4,53	7,00
40	4,39	7,90
50	4,47	7,90
Probabilidade de F	0,6552	0,6629
CV - %	6,21	12,5

Os resultados analíticos de amostras de solo coletadas na camada de 0 a 20 cm mostrados na Tabela 7 indicam que as doses de cinza aplicadas não influenciaram na capacidade de troca de cátions e no teor de matéria orgânica. Nas demais características, houve efeito da aplicação do produto.

Destacam-se os expressivos efeitos sobre o pH e a saturação por bases. Nos níveis de pH e de saturação por bases observados a partir da dose de 20 t ha⁻¹, pode ocorrer a insolubilização de micronutrientes, o que pode provocar a deficiência na absorção desses pelas árvores, prejudicando o desenvolvimento das mesmas. Na camada de solo analisada, os valores de pH atingem valores próximos da neutralidade.

Tabela 5. Teores de As, Cu, Cr total e B em amostras de água percolada nos tratamentos estudados.

Elemento	Doses da cinza – t ha ⁻¹					VMP
	0	10	20	40	80	
	mg L ⁻¹					
As ¹	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01
Cu ¹	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2
Cr total ¹	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
B ²	0,052	0,030	0,013	0,044	0,011	*

¹ Determinado conforme Portaria MS n.º 518/2004; ² determinado conforme Tedesco et al., (1985). * Não representa risco para a saúde (Portaria MS 518/2004)

Com base na equação de regressão desenvolvida entre as doses de cinza aplicadas e os efeitos na saturação por base na camada 0-20 cm, estimou-se que para atingir 40 % e 50 % na saturação por bases seriam necessárias a aplicação de 7,2 t ha⁻¹ e 11,5 t ha⁻¹ de cinza, respectivamente (Figura 2).

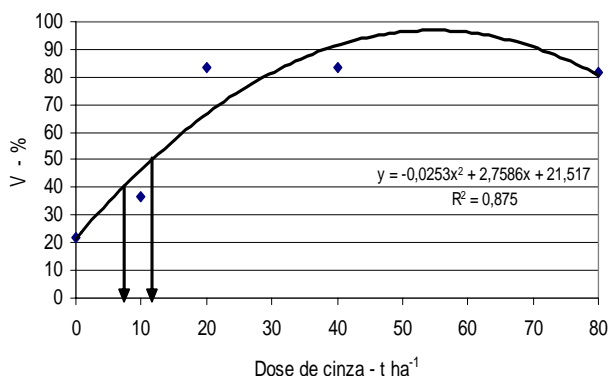


Figura 2. Relação entre doses de cinza de caldeira e a saturação por bases na camada 0-20 cm, observado no experimento em campo, em Latossolo no distrito de Campina da Alegria, Município de Vargem Bonita, SC.

Recomendações e comentários finais

Os resultados da aplicação de cinza de caldeira, proveniente da queima de biomassa vegetal, obtidos no experimento em casa-de-vegetação, não apresentaram nenhum indício de contaminação, tanto no solo como na água de percolação.

O experimento com doses de cinza instalado em plantios de *Pinus taeda*, em campo, completado um ano em julho de 2007, até o momento, também não apresentou efeito negativo aparente, tanto no solo quanto nas plantas, em termos de altura e diâmetro à altura do peito.

Embora os tratamentos não tenham, até o presente momento, interferido no crescimento das plantas, foram observadas alterações no pH, nos teores de Ca, Mg, K e P, assim como na saturação de bases (V%). Tecnicamente não é recomendado elevar muito o teor desses nutrientes uma vez que podem ocorrer efeitos de inibição e antagonismo com outros nutrientes, como por exemplo, com o Zn, Cu e o Mn. O ideal é que a saturação de bases para espécies Al tolerante, como o caso do pínus, situe-se entre 40 % e 50 %.

Com isso, a aplicação segura de cinza de caldeira, proveniente de biomassa vegetal, nos solos avaliados sob plantio de *P. taeda*, pode ser realizada sem danos ao solo e ao lençol freático, desde que sejam seguidas as seguintes recomendações:

a) Doses

As doses a serem aplicadas devem ter como objetivo elevar a saturação por bases na camada de 0 cm a 20 cm. 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 em análise for inferior ao valor de referência para recomendação, a dose a aplicar deve ser reduzida proporcionalmente.

De acordo com os dados apresentados, as doses a serem aplicadas devem ser de até 8 t ha⁻¹ no Cambissolo e até 12 t ha⁻¹ no Latossolo.

Esta recomendação é baseada nos seguintes critérios:

- elevação do valor médio da saturação por bases das camadas 0 - 20 cm para 40 % e 50 %,

Tabela 7. Resultados analíticos* de amostras de solo coletadas na camada de 0 a 20 cm, no ensaio doses da cinza de caldeira conduzido a campo, no distrito de Campina da Alegria, Vargem Bonita, SC.

Dose t ha ⁻¹	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	Al	H + Al	T	P	V	Na	MO
		----- cmolc.dm ⁻³ -----						mg.dm ⁻³	--- % ---		g.kg ⁻¹
0	4,0	1,22	0,63	0,17	0,97	7,31	9,36	3,83	21,9	0,45	35,2
10	4,2	1,83	1,42	0,22	0,50	6,19	9,74	5,28	36,5	0,80	37,5
20	6,1	5,66	2,07	0,74	0,00	1,52	10,20	19,13	83,2	2,02	38,9
40	5,9	6,16	2,97	0,92	0,00	1,77	12,08	18,33	83,4	2,22	35,8
80	5,9	5,99	2,15	0,86	0,00	1,86	11,21	17,60	81,7	3,07	32,8

H + Al = acidez potencial, T = CTC a pH 7,0; V = saturação por bases;
Na = saturação por sódio na T; MO = matéria orgânica, ** probabilidade de F

respectivamente no Cambissolo e no Latossolo;

- teores de Ca, Mg, K e P sem desbalanço aparente;

- pH em CaCl₂ entre 4,2 e 4,5 no Cambissolo e entre 4,5 e 4,8 no Latossolo.

b) Cuidados na aplicação

- fazer a aplicação no momento do preparo de solo para plantio;

- aplicar, preferencialmente, em terrenos planos ou com pouca inclinação;

- aplicar em época de estiagem, para evitar escorrimento superficial;

- o equipamento de aplicação em campo deve ser freqüentemente aferido para evitar aplicação de doses excessivas.

c) Cuidados na aquisição de matéria-prima para uso nas caldeiras

- não deve ser utilizado cinza proveniente da queima de madeira ou resíduo de biomassa submetidos a tratamentos preservativos, principalmente com produtos formulados a base de Cr, As, B e Cu.

- para que estes cuidados tenham eficácia, recomenda-se o monitoramento das fontes fornecedoras, evitando resíduos de serraria que fazem o tratamento da

madeira e análises periódicas na cinza, principalmente para os elementos químicos Cr, As, B e Cu.

d) Considerando que o nível de carbonização da biomassa vegetal interfere nas características químicas da cinza gerada, entre as quais na disponibilidade de nutrientes e de outros elementos químicos, 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://bvsmms.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.

Comunicado Técnico, 187

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: Elizabeth Câmara Trevisan, Lidia Woronkoff

Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté