



Scientia Agraria

ISSN: 1519-1125

sciagr@ufpr.br

Universidade Federal do Paraná

Brasil

Alves, Mauricio Vicente; Nunes Nesi, Cristiano; Naibo, Gabriela; Gaio Spricigo, Jaqueline;  
Classer Bender, Andressa; Antunes da Cruz, Débora Cristina; Chagas, Andressa; Curti,  
Gilberto Luiz

**COMPORTAMENTO QUÍMICO DO SOLO E SATISFAÇÃO DOS PRODUTORES  
RURAIS APÓS O USO DE CINZA**

Scientia Agraria, vol. 18, núm. 1, enero-marzo, 2017, pp. 76-82

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99550456008>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## COMPORTAMENTO QUÍMICO DO SOLO E SATISFAÇÃO DOS PRODUTORES RURAIS APÓS O USO DE CINZA

*Chemical soil behavior and satisfaction of farmers after the ash usage*

Mauricio Vicente Alves<sup>(1)</sup>; Cristiano Nunes Nesi<sup>(1)</sup>; Gabriela Naibo<sup>(2)</sup>; Jaqueline Gaio Spricigo<sup>(3)</sup>; Andressa Classer Bender<sup>(4)</sup>; Débora Cristina Antunes da Cruz<sup>(4)</sup>; Andressa Chagas<sup>(3)</sup>; Gilberto Luiz Curti<sup>(5)</sup>.

<sup>(1)</sup>Eng. Agr. Dr. Professores do curso de Agronomia, Laboratório de solo da Universidade do Oeste de Santa Catarina – Unoesc/Xanxerê - SC, Brasil, R. Dirceu Giordani, 696 - Jardim Tarumã, Xanxerê - SC, 89820-000, Fone: (0xx49) 34417000.

Autor para correspondência: e-mail: mauriciovicente@gmail.com.

<sup>(2)</sup>Acadêmica do Curso Engenharia Florestal, Laboratório de solo da Unoesc/Xanxerê - SC, Brasil.

<sup>(3)</sup>Acadêmicas do Curso de Agronomia, Laboratório de solo da Unoesc/Xanxerê - SC, Brasil.

<sup>(4)</sup>Eng. Agrônomas, Egressa do curso de Agronomia da Unoesc/Xanxerê - SC, Brasil.

<sup>(5)</sup>Eng. Agr. Mestre Professor do curso de Agronomia, Laboratório de solo da Unoesc/Xanxerê - SC, Brasil.

Artigo enviado em 02/03/2017, aceito em 29/03/2017 e publicado em 11/04/2017.

**Resumo:** O alto custo e correto descarte da cinza de biomassa florestal leva as empresas de celulose apresentar formas sustentáveis do uso e descarte da cinza. O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação de cinza de biomassa florestal em propriedades rurais, bem como a satisfação dos produtores rurais em relação a aplicação ou não da cinza. O estudo foi realizado no município de Vargem Bonita – SC, em 14 propriedades rurais, onde foram realizadas amostras de solo em áreas com e sem aplicação cinza. Em uma área de vinte metros quadrados foram coletados 10 pontos, sendo que foram obtidos uma amostra representativa, para a determinação dos macros e micros nutrientes, pH, índice SMP, teor de matéria orgânica e alguns metais pesados. Os dados foram submetidos ao Teste de Kruskal-Wallis. Quando aplicado cinzas no solo, o pH, índice SMP, fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca) apresentaram aumentos, os elementos Mn e Al diminuíram e os metais pesados não diferiram significativamente entre as áreas onde foi aplicado e a que não foi aplicado a cinza. As cinzas nestas condições favoreceram a qualidade do solo e a grande maioria dos produtores ficaram satisfeitos com sua utilização e voltariam a usar em outras ocasiões.

**Palavras-chave:** Metais pesados, produto secundário: resíduos de queima de madeira, resíduo sólido

**Abstract:** The high cost and correct disposal of the forest biomass ash lead the pulp companies to break new ground in sustainable ways for using and disposing of the ash. The objective of this study was to evaluate the application of forest biomass ash in rural properties, as well as the satisfaction of agricultural producers regarding the application or none application of ash. The study was carried out in the municipality of Vargem Bonita - SC, in 14 rural properties, where soil samples were taken in areas with and without gray application. In an area of twenty square meters, 10 points were collected, and a representative sample was obtained for the determination of macros and micronutrients, pH, SMP index, organic matter content and some heavy metals. The data were submitted to the Kruskal-Wallis test. When ash was applied to the soil, the pH, SMP index, phosphorus (P), potassium (K) and calcium (Ca) increased, the Mn and Al elements decreased, and the heavy metals did not differ significantly between the areas where ash was or was not applied. The ash in these conditions favored soil quality, and the vast majority of producers were satisfied with its use and would like to use it again.

**Index terms:** heavy metals, by-product: wood burning residuals, solid residuals.

## INTRODUÇÃO

As cinzas de origem vegetal são utilizadas desde o princípio da agricultura, onde a mata era derrubada e em seguida ocorria a queima. A cinza é constituída por compostos orgânicos e inorgânicos, que com o passar do tempo promove aumento da fertilidade ao solo e posterior ganho em produtividade (PRADO et al., 2002).

Com a crescente produção de papel e celulose 13.817.000 t em 2013 e 15.013.000 t em 2014 - aumento de 8,7 %, as indústrias do setor geram grandes quantidades de resíduos líquidos e sólidos (IBA, 2014). Sendo a casca da madeira, a lama de cal, o *dregs*, o *grits*, o lodo da estação de tratamento de esgoto, o lodo biológico, o resíduo celulósico e a cinza de caldeira resultante da queima de biomassa os principais resíduos produzidos.

Um dos principais resíduos sólidos das indústrias de celulose é a cinza leve, a qual gera cerca de 1,1 mil toneladas por mês, e normalmente são aplicadas em solos aos arredores das empresas. É muito utilizada em cultivos florestais e tem mostrado bons resultados, devido as suas características químicas e os efeitos positivos na melhoria da qualidade do solo (SILVA et al., 2009).

Devido ao alto custo para descarte da cinza produzida em função da queima de biomassa florestal, as empresas de celulose necessitam desenvolver uma forma adequada e sustentável para o seu fim. Embasado nisso, existe grande possibilidade da utilização de cinza de biomassa florestal em solos destinados à agricultura e a pecuária, uma vez que, além da grande oferta, esse material contém nutrientes essenciais às culturas mesmo que em baixas quantidades podem incrementar a fertilidade dos solos (SILVA et al., 2009).

O efeito benéfico da cinza usada como fertilizante de base no plantio das culturas e, principalmente, como fertilizante de cobertura, é resultado da lenta solubilização dos macro e micronutrientes (NOLASCO et al., 2000). Além de melhorar as propriedades químicas do solo, o uso desse resíduo pode ainda resolver problemas da indústria com a alocação deste material, o que favorece o sistema de beneficiamento (PRADO et al., 2002).

Neste contexto, o estudo teve como objetivo avaliar o efeito da cinza nos atributos químicos do solo (nutrientes e elementos traços), bem como verificar a satisfação de utilização deste resíduo pelos produtores rurais em suas propriedades.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos municípios de Água Doce, Vargem Bonita e Ponte Serrada, SC, em um raio de aproximadamente 1 km do centro da Vila Campina da Alegria em 14 propriedades rurais com áreas entre 50 até 1.700 ha. Os solos predominantes da região de estudo são Cambissolo Húmico e Neossolo Litólicos (EMBRAPA, 2013). Para as análises, o solo foi coletado sob a orientação dos produtores, em áreas onde os mesmos relatavam ter aplicado ou não a cinza de biomassa florestal.

Nas áreas com aplicação, a dose média de cinza aplicada foi de 25 t ha<sup>-1</sup>, de acordo com as informações dos produtores.

Para a coleta do solo, foi demarcada uma área de 20 x 20 m e amostrados 10 pontos (10 sub amostras) de solo na profundidade de 0-10 cm com a utilização de um trado holandês.

Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas resultando em uma amostra composta. Este procedimento era realizado em todas as propriedades, nas áreas onde o produtor indicava ter aplicado cinza e na área onde não havia aplicado o resíduo. As duas áreas deveriam conter as mesmas plantas de cobertura, e estar a distância de no máximo 100 m uma da outra.

Após a coleta, o solo foi transportado em sacos plásticos até o laboratório de solos da Unoesc - Xanxerê, seco a 45°C, moído e tamisado a 2 mm.

Foram determinados os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e os micronutrientes cobre (Cu), boro (B), manganês (Mn), zinco (Zn), além de pH (em água), índice SMP, matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), porcentagem de Al na CTC efetiva (m), porcentagem de bases na CTC a pH 7 (V) e porcentagem de K na CTC a pH 7 (% K), todos conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Uma amostra do solo de cada área foi separada e enviada ao laboratório de solos da Universidade de Passo Fundo para avaliar os teores de elementos traços: Cadmo (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), mercúrio (Hg), selênio (Se) e arsênio (As), determinados conforme método

descrito por USEPA (1996).

Os dados foram submetidos ao Teste Kruskal-Wallis para comparar as médias das áreas com aplicação em relação às áreas sem a aplicação da cinza. Todas as análises foram realizadas com o software R (R Core Team, 2014).

Paralelamente aos trabalhos de campo e laboratório, foi aplicado um questionário aos produtores rurais, com a finalidade de observar qual a percepção do produtor com relação ao efeito da aplicação da cinza. Os dados levantados com a aplicação do questionário foram submetidos a uma análise descritiva.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Com base nos laudos de análise dos solos, foi possível observar que, a aplicação de cinzas promoveu aumento do pH (água) e do índice SMP (Tabela 1). No trabalho de Silva et al. (2013), a adição de cinza aumentou significativamente o pH do solo de 4,3 para 4,5. Possivelmente este aumento em nosso estudo é resposta do pH da cinza, pois o mesmo é de 7,2 e a cinza tem um PRNT de 11,9 (SBRUZZI, 2017), o que levou a melhoria das condições de pH do solo.

A aplicação de cinza também aumentou os teores de P, K e Ca. O teor de P praticamente dobrou e ficou dentro da faixa ideal descrita em CQFSRS/SC (2016) (Tabela 1). Em estudo similar, Silva et al. (2013) obtiveram aumento de P, porém em maiores quantidades. O teor de K elevou-se de 190,00 para 260,21 mg dm<sup>-3</sup>, teores considerados muito altos (CQFSRS/SC, 2016) (Tabela 1). Efeito similar foi obtido por Cabral et al. (2008) na aplicação de cinza de biomassa florestal em solos com cultivo de plantas forrageiras.

O teor de Ca elevou-se de 5,15 para 9,71 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, considerado alto pela CQFSRS/SC (2016) (Tabela 1), o que confirma com trabalho de Silva et al. (2013) realizado com aplicação de cinza em cultivo de eucalipto.

Para Mg, S e matéria orgânica não se observou diferenças significativas entre as áreas com e sem aplicação de cinza. Entretanto, no estudo de Barreto (2008), o autor observou aumentos significativos do teor de Mg após a utilização de cinza de biomassa florestal, assim como os teores de S e MO tiveram uma pequena elevação, evidenciando os baixos teores de Mg e S na matéria prima utilizada (Tabela 1).

O Al diminuiu nos solos com aplicação de cinza (Tabela 1), ficando dentro da faixa ideal (CQFSRS/SC, 2016). Essa resposta foi extremamente favorável, já que a presença deste elemento no solo pode causar toxidez e é um dos principais fatores limitantes do desenvolvimento das plantas (HARTWIG et al., 2007; HANISCH & FONSECA, 2014). Segundo Silva et al. (2013), a cinza pode ajudar na diminuição dos teores de Al do solo, porém em proporções não suficientes às necessárias para algumas culturas mais sensíveis ao Al. Para a maioria dos elementos foram observados valores ideais indicados pela CQFSRS/SC (2016). Porém, o S nos solos com ou sem aplicação de cinzas estão bem acima do ideal, fator característico dos solos predominantes na região do estudo. Outro fator importante é o Al, que no solo sem aplicação da cinza está acima do limite, conforme CQFSRS/SC (2016), já no solo com aplicação da cinza, o mesmo está dentro dos padrões mostrando que a cinza tem capacidade de eliminar o Al tóxico do solo (Tabela 1).

Para micronutrientes, somente o Mn diferiu entre as áreas com e sem aplicação de cinza (Tabela 2). O Mn teve seu teor diminuído com a aplicação da cinza, provavelmente devido ao fato da cinza não conter uma quantidade excessiva deste elemento ou pelo aumento do pH onde foi aplicado. Já os atributos químicos CTC, V, m, %K e H+Al todos diferiram significativamente. CTC, V e %K, aumentaram com a adição de cinza no solo, e H+Al diminuiu. Altos valores de CTC, V e %K são benéficos ao solo e as plantas e baixos valores de m e H+Al favorecem a qualidade do solo. De acordo com Silva et al. (2009), devido à ausência de correção da acidez pela cinza de biomassa, não houve alteração da capacidade de troca de cátions efetiva (CTC), sendo que a média da CTC foi de 9,2 e 6,0 cmolc kg<sup>-1</sup> para Cambissolo e Nitossolo, respectivamente. Isso possivelmente pode ser explicado devido a não alteração das cargas dependentes de pH, ocorrendo apenas troca do Al adsorvido à superfície das partículas por outros cátions presentes na cinza. Em trabalho realizado por Silva et al. (2013) num Cambissolo Húmico, constataram que onde houve a adição de cinza de biomassa florestal, ocorreu um aumento significativo na CTC e nos teores de alguns nutrientes, entre eles o K.

Conforme a CQFSRS/SC (2016), um valor mínimo de CTC é de 7,6 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, V de 70 %, K de 3 %, m de no máximo 5 %. Comparando os valores dos solos com os valores limitantes descritos em CQFSRS/SC (2016) observa-se que quando aplicada a cinza no solo, estes valores ficam dentro da faixa

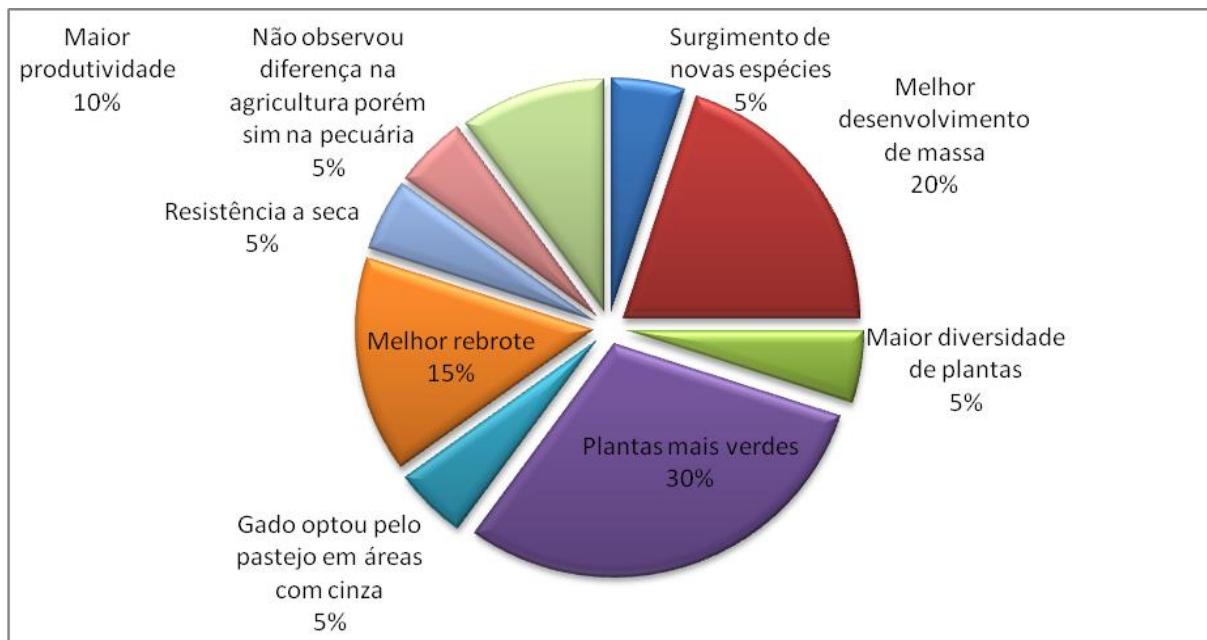
ideal. Porém Mn, Zn e Cu estão acima do ideal, mostrando que naturalmente o solo já tem altos teores destes elementos. O efeito da cinza sobre "m" e H+Al é muito bom, pois mostra uma diminuição de mais 100 % (34,29 para 9,43 % em m e 16,59 para 6,9 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> em H+Al) evitando que estes elementos sejam tóxicos para as plantas.

Observando a tabela 3, não houve diferença significativa entre os teores de elementos traços nos solos com e sem a aplicação de cinza. Isso mostra que não há problemas com a utilização da cinza na agricultura, pois há baixos teores desses elementos na composição da cinza (Tabela 4). Todos os teores dos elementos traços avaliados nos solos com aplicação de cinza estão abaixo dos valores de limites fitotóxicos indicados por Malavolta (1994). Balbinot Junior et al. (2010), obtiveram resultados similares, sem alterações químicas no solo após a utilização de resíduo de reciclagem de papel.

Com relação ao questionário aplicado aos produtores, constatou-se que 100% deles utilizariam a cinza novamente, tanto em solos pobres como férteis e que todos os produtores realizam uma aplicação a cada 6 meses, pois o produto é disponível na região e com baixo custo. Segundo relato dos próprios produtores, alguns acham interessante: "determinar a dose correta para cada solo", "é um produto essencial", "é importante, pois quero espalhar em maior quantidade por área", e "quem sabe até substituir o adubo químico".

Todos os produtores detectaram pelo menos um efeito positivo com a utilização da cinza de biomassa florestal e 60% detectaram mais de um efeito positivo (Figura 1).

Observando as áreas cultivadas pelos produtores entrevistados, pode-se destacar a maior utilização da cinza na agricultura e pastagem, e em uma menor escala na silvicultura (Figura 2).



**Figura 1:** Efeitos observados pelos produtores rurais após a aplicação das cinzas de biomassa em áreas de pastagens e campo nativo (dose de aproximadamente 25 t ha<sup>-1</sup>).

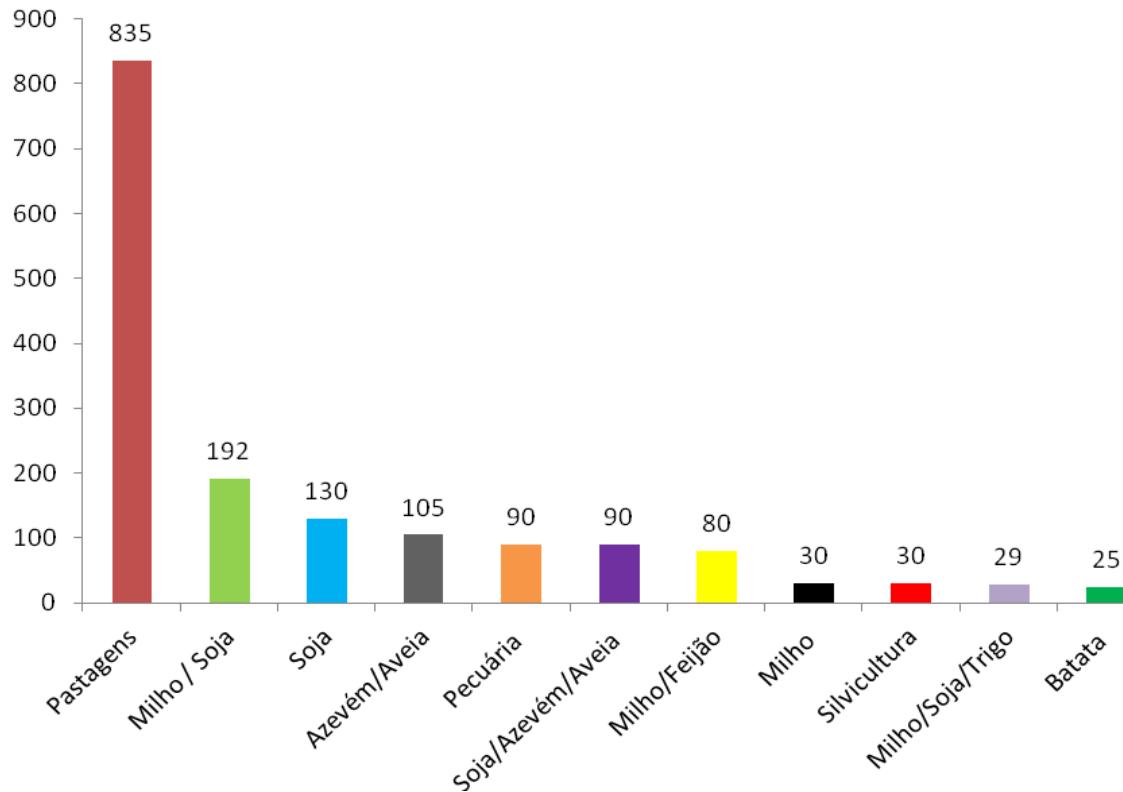


Figura 2: Principais cultivos nas áreas onde os produtores foram entrevistados e coletado o solo.

Tabela 1 - Teores de macronutrientes, pH (água), índice SMP e matéria orgânica (MO) nos solos Com e Sem aplicação de cinzas de biomassa e valores de teores ideais no solo conforme CQFSRS/SC (2016).

Solo	pH	SMP	P	K	Ca	Mg	Al	S	MO
	(1:1)	(2:1)	-----mg dm <sup>-3</sup> -----	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			mg dm <sup>-3</sup>	%	
Com	5,83*	5,89*	23,42*	260,21*	9,71*	2,39	0,81*	25,57	6,49
Sem	4,97	4,96	11,86	190,00	5,15	1,59	2,94	22,36	6,09
CQFSRS/SC(2016)	5,5-6,0	5,5-6,0	12-36	81-240	2-4	0,5-1,0	<1,0	2-5,0	2,6-5

\* Valores significativos a 5 %, pelo teste de Kruskal-Wallis.

**Tabela 2 - Teores dos micronutrientes (B, Mn, Zn, Cu), e H+Al, Capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC), Saturação por bases (V), Saturação por Al (m), Saturação por Potássio (%K) nos solos Com e Sem aplicação de cinza de biomassa e valores ideais no solo (CQFSRS/SC, 2016).**

Solo	B	Mn	Zn	Cu	H+Al	CTC	V	m	K
-----mg dm <sup>-3</sup> -----									
Com	0,24	11,81*	5,72	3,96	6,90*	19,59*	67,71*	9,43*	3,94*
Sem	0,2	29,09	5,8	6,37	16,59	23,81	33,14	34,29	2,16
CQFSRS /SC(2016)	0,2-0,3	2,5-5,0	0,2-0,5	0,2-0,4	<10	7,6-30	>60	<15	2-4

\* Valores significativos a 5 %, pelo teste de Kruskal-Wallis.

**Tabela 3 - Teores dos elementos traços (Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se, As) nos solos Com e Sem aplicação de cinza de biomassa e limites fitotóxicos de metais, reportados por Malavolta (1994).**

Solo	Cd	Cr	Ni	Pb	Hg	Se	As
-----mg dm <sup>-3</sup> -----							
Com*	1,86	6,01	71,90	0,00	<0,1	<0,01	<0,015
Sem*	1,73	6,01	67,41	0,00	<0,1	<0,01	<0,015
Cinza	1,75	32,93	92,30	2,37	<0,1	< 5,00	< 0,050
Malavolta	3 a 8	75 a 100	100	100 a 400	0,3 a 0,5	0,6 a 30	15 a 50

\* As diferenças entre com e sem aplicação não são significativas a 5 % de probabilidade, pelo teste de Kruskal-Wallis.

## CONCLUSÃO

Houve aumento nos teores de pH, P, K e Ca e redução no teor de Al em solos com aplicação de cinza de biomassa florestal.

A aplicação de cinza não alterou os teores de elementos traços no solo.

Há boa aceitação da aplicação de cinza pelos produtores estudados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem a Celulose Irani pelo auxílio financeiro deste estudo.

## REFERÊNCIAS

BALBINOT JUNIOR, A. A. ; VEIGA, M. da.; FONSECA, J. A. da. Aplicação de resíduo de reciclagem de papel em solo ácido: I – fertilidade e teores de elementos traços no solo. *Agropecuária Catarinense*, v.23, n.2, jul. 2010.

BARRETTO, V.C.M. Resíduos de Indústria de Celulose e Papel na Fertilidade do Solo e no Desenvolvimento de Eucalipto. 2008. 64f. (Tese de doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CABRAL, F. et al. Use of pulp mill in organic wastes as alternative liming materials. *Bioresource Technology*. V.99, n.17, pg. 8294–8298. 2008.

CQFSRS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11ed. 376 p. 2016.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório Final de Atividades de Pesquisas em Andamento Realizadas em Convênio de Parceria entre a Embrapa Florestas e a Celulose Irani SA. EMBRAPA, Florestas. Relatório Final. 48 p. 2013.

HANISCH, A. L; FONSECA, J. A. Efeito da adubação com cinza de biomassa sobre uma pastagem de hemártria cv. Flórida cultivada em solo ácido. *Revista Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.26, n.3, p.68-73, 2014.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A. C. de; CARVALHO, F. I. F. de; BERTAN, I.; SILVA, J. A. G. da; SCHMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; MAIA, L. C.; FONSECA, D. A. R.; REIS, C. E. S. da. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. *Ciências Agrárias*, Londrina – PR, v.28, n.2, p.219-228, 2007.

IBA - Estatísticas da Indústria Brasileira de Árvores. 2014. Disponível em: <[http://www.iba.org/images/shared/destaque/cenarios\\_dezembro\\_impressa.pdf](http://www.iba.org/images/shared/destaque/cenarios_dezembro_impressa.pdf)>. Acesso em 18 de fevereiro de 2016.

MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e elementos traços, mitos, mistificações e fatos. São Paulo: ProduQuímica, 1994. 153p.

NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fonte de nutrientes e condicionadores de solos florestais. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Org.)

Nutrição e fertilização florestal. 1. ed. Piracicaba: IPEF. 2000, p. 385-414.

PRADO, R. M. et al. Efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira. *Acta Scientiarum*, v. 24, p. 1493–1500, 2002.

R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

SBRUZZI, E.K. Cinza de biomassa florestal para a aplicação nas culturas do feijão e do milho. 2017. 57 pg. (*Dissertação de mestrado*) Mestrado em Ciência do Solo. Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages - SC.

SILVA, F.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; GATIBONI, L.C.; COSTA, A. da. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, SC, v.12, n.3, p.304-313, 2013.

SILVA, F.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; GATIBONI, L.C.; MARANGONI, J.M. Cinza de biomassa florestal: alterações nos atributos de solos ácidos do Planalto Catarinense e em plantas de eucalipto. *Scientia Agraria*, Curitiba, PR, v.10, n.6, p.475-482, 2009.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

USEPA - U.S. Environmental Protection Agency. Soil screening guidance: Technical background document USEPA Rep. 540/R-95/128. U.S.Gov. Print. Office, Washington, DC. 1996.