

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MARA LÚCIA MARTINS MAGELA

**CINZA DE BIOMASSA VEGETAL COMO CORRETIVO DE ACIDEZ DE SOLO,
FONTE DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E SILÍCIO**

**Uberlândia – MG
Janeiro – 2015**

MARA LÚCIA MARTINS MAGELA

**CINZA DE BIOMASSA VEGETAL COMO CORRETIVO DE ACIDEZ DE SOLO,
FONTE DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E SILÍCIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Lísias Coelho

**Uberlândia – MG
Janeiro – 2015**

MARA LÚCIA MARTINS MAGELA

**CINZA DE BIOMASSA VEGETAL COMO CORRETIVO DE ACIDEZ DE SOLO,
FONTE DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E SILÍCIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 16 de janeiro de 2015.

Eng. Agro. M. Sc Ernane Miranda Lemes
Membro da Banca

Eng. Agro. M. Sc. Gustavo Alves Santos
Membro da Banca

Prof. Lísias Coelho, Ph. D
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos, pelo Seu amor e graça que me sustentaram até aqui.

Aos meus pais, Geraldo e Valdivina, por todo amor, cuidado, ensinamentos e por não medirem esforços para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

Ao meu irmão, Marcos, pela amizade e companheirismo.

Aos demais membros da família por todo apoio e empenho para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador, Lísias Coelho, pelos ensinamentos, orientação, amizade e conselhos durante a graduação.

Aos meus colegas da 47^a turma de Agronomia pelos maravilhosos anos de convívio, amizade e aprendizado. Em especial às minhas amigas Thays e Luciana por compartilharem e participarem de tantos momentos importantes da minha caminhada.

A todos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para o meu processo de aprendizado durante a minha formação.

RESUMO

As cinzas são os últimos resíduos originados pelo aproveitamento energético que é realizado sobre as partes da matéria prima e de outros produtos que já não podem ser utilizados dentro do processo produtivo. A aplicação das cinzas em plantios florestais é uma alternativa técnica que tem demonstrado resultados positivos no estado nutricional do sistema solo-planta em solos florestais ácidos. Diante da necessidade de se ampliar o entendimento dos efeitos de resíduos como as cinzas em áreas de plantio de eucalipto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de cinco cinzas em solos típicos das áreas de possíveis plantios florestais. As cinzas avaliadas foram as cinzas da empresa BRF, de padaria, de bagaço-de-cana-de-açúcar, da Fazenda Prata e cinzas da empresa Faber-Castell. Os testes de incubação foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e arranjos em esquema fatorial $5 \times 2 + 1$ composto por cinco fontes de cinzas, duas doses (200 e 400 kg ha⁻¹), e uma testemunha (não recebeu nenhuma fonte silício), com três repetições. Também foi incubada a Wollastonita como uma fonte de silício padrão de comparação. As fontes de cinzas foram adicionadas a recipientes plásticos de tampa perfurada contendo 300g de solo seco e peneirado, nas doses de 200 e 400 kg ha⁻¹ de Si. A Wollastonita foi aplicada nas doses de 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de Si. Os solos foram mantidos a aproximadamente 80% capacidade de campo. Após 30 dias de incubação foi determinado o Si solúvel, e realizadas análises de pH, Ca e Mg trocáveis. No solo arenoso as fontes mais eficientes foram as cinzas de padaria para a correção de pH, fornecimento de Ca e Mg. As cinzas da Faber-Castell apresentaram os melhores resultados para Si neste solo. Para o solo argiloso as fontes mais eficientes foram as cinzas de padaria para a correção de acidez e fornecimento de Ca, enquanto que para o Mg a cinza da Fazenda Prata a mais eficiente. No fornecimento de Si, a Faber-Catell na dose 400 kg ha⁻¹ foi a que mais se destacou.

Palavras-chave: Wollastonita, cinza de pinus; eucalipto, biomassa florestal.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4 CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância do eucalipto

Os sistemas florestais implantados são de grande importância no território brasileiro, pois exercem influência nas áreas econômicas e sociais, contribuindo também para a conservação dos recursos naturais. Trata-se de uma atividade capaz de provocar um aumento de produtividade de caráter mais sustentável e de promover a mitigação de problemas ambientais (ABRAF, 2012).

No setor de florestas plantadas, o *Eucalyptus* se destaca como o gênero de maior importância. As espécies arbóreas desse gênero que pertencem à família *Myrtaceae* caracterizam-se por apresentar múltiplas qualidades interessantes ao setor florestal, tais como rápido crescimento, facilidade de condução nos processos de propagação e de programas de manejo e melhoramento, boa adaptação às condições edafoclimáticas do Brasil e flexibilidade em oferecer possibilidades de uso múltiplo da madeira produzida (CASTRO, 2009; GARCIA; PEREIRA, 2010; SIMÕES, 1968).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) (2014), a área ocupada por florestas plantadas no Brasil com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* no ano de 2013 ocupou 6.86 milhões de hectares, sendo que a área plantada com *Eucalyptus* correspondeu a 5,3 milhões de hectares desse total. O eucalipto exerce um importante papel nas questões que envolvem a busca por alternativas de fontes energéticas renováveis. Nesse aspecto, as plantações com esse gênero cumprem muito bem com os propósitos que visam maior produtividade por unidade de área e em menor tempo. Tais características possibilitaram às empresas a redução dos custos de geração de eletricidade por meio da madeira (LEMOS et al., 2012).

1.2 Adubação em florestas de eucalipto

Para garantir o sucesso da instalação e estabelecimento das florestas de eucalipto é de fundamental importância a observância de diversos aspectos responsáveis pela boa produtividade da cultura. Dentre os aspectos a serem observados estão os que proporcionam bom condicionamento do solo, como a correção de acidez. Essa prática passou a ser adotada por algumas empresas, apesar da cultura do eucalipto não possuir recomendações para correção do pH do solo, pois tal prática resulta em várias vantagens aportadas pelo calcário, como fonte de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (BARROS; NOVAIS, 1990).

O bom desenvolvimento de uma cultura em solos ácidos está intimamente relacionado com a correção da deficiência destes solos de elementos como Ca e Mg. Por esta condição, tais solos demonstram diferentes repostas à adição de corretivos e fertilizantes. Cálcio e magnésio possuem propriedades químicas parecidas e por isso existe uma inter-relação no solo e na planta entre esses nutrientes (MEDEIROS et al., 2008).

Raymundo (2008) cita que a calagem realizada para a neutralização de acidez no solo tem papel importante na disponibilização de elementos para as plantas, como Fósforo, Ca, Mg e Molibdênio. O mesmo autor comenta que um produto pode ser identificado como corretivo de acidez dos solos dependendo dos seus teores de Ca e Mg.

Outro elemento de destaque dentro do contexto de condicionamento do solo é o Si. O silício exerce papel importante em diversos aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos no desenvolvimento de uma planta, promovendo melhorias em seu metabolismo, ativação de genes envolvidos na produção de fenóis e enzimas ligadas à defesa da planta. Como consequência destes benefícios se nota aumento na produtividade e qualidade dos produtos finais (LIMA FILHO, 2008).

Ainda de acordo com Lima Filho (2008), o silício é um elemento importante no manejo do solo, sendo a cinza vegetal uma das fontes de fertilizante e deste elemento desde o Império Romano. As cinzas de arroz e outros cereais são citados pelo autor como o primeiro fertilizante silicatado usado pelo homem.

1.3 Cinzas como corretivo de solo

O uso de plantações florestais com fins energéticos é uma tendência global, uma vez que a necessidade de se reduzir a utilização de derivados do petróleo e diminuir a emissão de gases considerados prejudiciais à atmosfera são cada vez maiores e presentes nos variados âmbitos de produção da sociedade (MÜLLER, 2005).

Segundo Müller (2005), essa crescente preocupação pelo uso mais sustentável dos recursos naturais e de adoção de atividades menos impactantes ao ambiente desencadeou no desenvolvimento de diferentes estudos que buscam o conhecimento e a aplicação de práticas mais adequadas quanto ao uso e disposição de resíduos que são resultantes de atividades industriais, como são as cinzas de caldeira.

Segundo Seoane (2009), as cinzas são os últimos resíduos originados pelo aproveitamento energético que é realizado sobre as partes da matéria prima e de outros produtos que já não podem ser utilizados dentro do processo produtivo.

De acordo com Gullón (2004), esses resíduos podem ser alternativas de correção de acidez do solo proporcionando resultados similares ao do calcário. Dentre elas está a cinza resultante da queima do eucalipto ou de outras fontes madeiras usadas como matéria prima para a matriz energética de muitas empresas (GULLÓN, 2004).

A associação da importância do eucalipto no setor de energia renovável com a necessidade de se garantir plantios cada vez mais eficientes (no sentido de poder proporcionar altas produtividades relacionadas com técnicas de produção mais sustentáveis), reforça a possibilidade e vantagens da utilização de fontes de correção do solo alternativas que possam favorecer o desenvolvimento de plantios de eucalipto, como a utilização de cinzas provenientes dessa própria espécie (MÜLLER, 2005).

Os plantios florestais podem oferecer vários tipos de produtos e serviços, como madeira, resinas, frutos, reservas de ecossistemas e refúgio de fauna. Atualmente esses plantios sofrem com a carga de demanda de mercado cada vez maior e essa é uma realidade em diversos países, como na Espanha, em que a demanda da produção florestal é maior que a oferta. Isso faz com que a necessidade de otimizar os processos produtivos cresça e, conseqüentemente, cresça também a pressão por melhores opções de manejo da floresta. Uma das alternativas para essa problemática está na utilização de todos os subprodutos gerados durante os processos produtivos (GULLÓN, 2004).

Gullón (2004) também comenta que as indústrias florestais usam diferentes subprodutos, como a casca, restos de cortes e de madeira como fonte da matéria prima para a produção de energia. Dessa forma, a combustão desses materiais em caldeiras de bioenergia resulta na geração de enormes quantidades de cinzas.

Essa cinza gerada nas caldeiras auxiliares de energia possuem características físicas e químicas que variam de acordo com diversos fatores que incluem o material de origem, as temperaturas e condições em que foram queimadas, a eficiência nos processos de separação das partículas, a aplicação de pré-tratamentos e muitos outros. Entretanto, de maneira geral, as cinzas possuem em sua composição partículas com diâmetro menor que 1 mm, além de uma densidade aparente oscilando entre $0,51 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,27 \text{ g cm}^{-3}$ (GULLÓN, 2004).

Tal resíduo também se caracteriza por seus conteúdos nutricionais e índices de alcalinidade que influenciam na elevação do pH, Ca, K e Mg (GULLÓN, 2004; GULLÓN et al., 2004).

De acordo com Gullón et al. (2004), a aplicação das cinzas em plantios florestais é uma alternativa técnica que tem demonstrando resultados positivos quanto ao estado nutricional do sistema solo-planta em solos florestais ácidos. Segundo os mesmos

autores, a utilização desse resíduo sólido representa uma alternativa viável de revalorização das cinzas ao mesmo tempo em que soluciona algumas problemáticas atuais, como a gestão ambiental de muitas empresas. Também influencia na correção da acidez de solos e restitui nutrientes extraídos do solo pelos plantios florestais.

Diante da necessidade crescente de desenvolver novas tecnologias para o um melhor uso e aproveitamento de resíduos industriais e da ampliação de estudos voltados para o entendimento dos efeitos do uso de cinzas em áreas de plantio de eucalipto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso de cinzas de caldeira em solo típico das áreas possíveis de cultivo florestal por meio de testes de incubação de solo utilizando cinco fontes de cinzas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O potencial agrícola das cinzas foi realizado por meio de um teste de incubação do solo que é um método utilizado para avaliar a reatividade e a velocidade de liberação de Si, Ca e Mg de uma determinada fonte de nutrientes, como os fertilizantes. Neste procedimento são utilizados dois diferentes solos que são amostrados e utilizadas em pequenas quantidades e que permanecem reagindo com o material a ser avaliado por um tempo determinado (MAPA, 2010). Tal teste foi conduzido em local protegido da incidência direta de raios solares e de chuvas. Foram avaliadas cinco cinzas provenientes de cinco diferentes fontes caracterizadas quanto ao tipo de material como pó: cinzas da empresa BRF (madeira e casca de eucalipto), cinzas de padaria (madeira de origem desconhecida), cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, cinzas da Fazenda Prata (galhos finos e folhas de eucalipto) e cinzas de pinus da empresa Faber-Castell (madeira e casca de pinus que tem casca bem mais espessa que o eucalipto).

Todas as cinzas, com exceção da cinza de padaria, tiveram origem de caldeiras industriais.

2.1 Caracterização das amostras

As fontes de cinzas foram caracterizadas quanto aos teores de silício solúvel e total, de acordo com a metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004) e teores de CaO e MgO segundo EMBRAPA (1999) (Tabela 1 e Anexo).

Tabela 1. Caracterização química das cinco fontes de cinzas.

Análises	BASE SECA - 110°C					
	BRF Br	Padaria	Bag. cana	Faz. Prata	Faber-Castell	
Cálcio (Ca total)	%	17,65	1,56	1,20	23,70	1,62
Magnésio (Mg total)	%	2,53	0,39	0,81	7,16	0,69
Si total	%	12,00	2,00	16,00	7,00	1,00
Si Solúvel	%	3,00	2,00	3,00	3,00	1,00
UMIDADE NATURAL						
pH CaCl ² 0,01M		12,00	6,90	8,90	10,20	8,90

2.2 Caracterização dos solos

Uma amostra de solo classificada como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) foram utilizados no experimento de incubação cujas características químicas e físicas se encontram nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Caracterização química das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), utilizados nos experimentos de incubação.

Solo	Si	Ca	Mg
	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----	
LVd	6,0	0,1	0,1
RQo	3,1	0,1	0,1

Ca, Mg = (KCl 1 N); Si = (CaCl₂ 0,01mol L⁻¹)

Tabela 3. Caracterização textural da amostra de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), utilizados nos experimentos de incubação.

Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
	----- g kg ⁻¹ -----			
LVd	231	485	45	239
RQo	600	222	68	110

Análise textural pelo Método da Pipeta (Embrapa, 1999).

2.3 Teste de incubação

Os dois solos receberam doses crescentes de silicato de cálcio (Wollastonita - CaSiO₃), fonte considerada padrão, equivalentes a 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de silício, a fim de determinar a curva padrão para fazer a correspondência de reatividade das fontes testadas.

Os produtos avaliados foram moídos até passar 100% em peneira de 50 mesh (malhas polegada⁻¹). As doses dos produtos (fontes de cinza) adicionadas aos solos foram baseadas nos teores de silício total das fontes (Tabela 4). As cinzas foram aplicadas aos solos nas doses de 200 e 400 kg ha⁻¹.

Tabela 4. Doses de Si e de cinzas que foram utilizadas nos dois solos

Fonte/Material	Dose de Si	Dose da Fonte Si	Dose de Ca	Dose de Mg
	kg ha ⁻¹	g/300g solo	g/300g solo	g/300g solo
Testemunha	0			
Wollastonita	100	0,072	0,022	0,001
Wollastonita	200	0,145	0,044	0,002
Wollastonita	400	0,290	0,088	0,003
BRF	200	0,250	0,044	0,006
BRF	400	0,500	0,088	0,013
Padaria	200	1,500	0,023	0,006
Padaria	400	3,000	0,047	0,012
Padaria	200	0,188	0,002	0,002
Bag. de Cana-de-açúcar	400	0,375	0,005	0,003
Bag. de Cana-de-açúcar	200	0,429	0,102	0,031
Faz. Prata eucalipto	400	0,857	0,203	0,061
Faber Castell	200	3,000	0,049	0,021
Faber Castell	400	6,000	0,097	0,041

As cinco fontes de cinzas e a Wollastonita foram incorporadas em 300 g de TFSA. Cada tratamento foi misturado e homogeneizado com auxílio de saco plástico e em seguida cada amostra foi transferida para recipiente plástico e umedecida até a capacidade de campo de aproximadamente 80% para os dois tipos de solo, com o objetivo de favorecer as reações químicas. Para o solo arenoso acrescentou-se 266 mL kg⁻¹ de água destilada e para o argiloso 333,33 mL kg⁻¹. Ao final tinha-se o peso total de cada pote para ambos os solos, sendo possível acompanhar a perda de água para o ambiente em cada parcela por pesagem. Assim, foi possível completar com água destilada o que se perdia até o término do tempo de avaliação.

2.4 Análise estatística

Cada solo foi analisado individualmente. Assim, os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e arranjos em esquema

fatorial 5x2+1 composto por cinco fontes de cinzas, duas doses (200 e 400 kg ha⁻¹), e uma testemunha (não recebeu nenhuma fonte silício), com três repetições.

As características avaliadas foram submetidas ao teste de F da análise de variância, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey. Para o tratamento adicional aplicou-se o Teste de Dunnett. O estudo das doses de Wollastonita foi realizado por regressão para obter a curva padrão. As análises foram realizadas ao nível de 0,05 de significância, com auxílio dos programas estatísticos SISVAR e ASSISTAT.

Após 30 dias de reação com o solo (período de incubação), as amostras foram secadas, peneiradas e o Si solúvel determinado pelo método de extração em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, conforme metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004). As análises de pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, Ca e Mg trocáveis seguiram a metodologia descrita pela EMBRAPA (1999).

O Coeficiente de Variação máximo aceitável para o teste de incubação foi de 20% para os valores de Si no solo (MAPA, 2010). Alíquotas de solo em cada concentração foram removidas e submetidas à análise química para determinação do pH e teores de Si, Ca e Mg.

Também foi realizado o cálculo da eficiência relativa (E_R) das fontes em relação à Wollastonita a partir da curva padrão da variável estudada. Para isso foi utilizada a seguinte fórmula:

$$E_R = (X_{\text{tratamento}} - X_{\text{testemunha}}) / (X_{\text{wollastonita}} - X_{\text{testemunha}})$$

Onde:

E_R = Eficiência Relativa;

X = Variável estudada (pH, Ca, Mg ou Si) na dose que se deseja analisar (200 ou 400 kg ha⁻¹).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Solo Arenoso

3.1.1 Correção de acidez do solo pelo uso das cinzas

A Tabela 5 demonstra que a cinza de padaria nas duas doses, BRF e Fazenda Prata na dose de 400 kg ha⁻¹ proporcionaram maiores índices de pH nos solo arenoso em relação à testemunha, sendo que das que se destacaram a cinza de padaria alcançou os maiores valores de pH na dose de 200 kg ha⁻¹.

Tabela 5. pH em CaCl₂ em solo arenoso comparando diferentes tipos de cinzas em função das doses.

Cinzas	Doses	
	----- kg ha ⁻¹ -----	
	200	400
BRF	4,28 bB ^{ns}	5,47 bA [*]
Padaria	7,52 aA [*]	7,24 aA [*]
Bag. Cana	3,98 bA ^{ns}	4,07 cA ^{ns}
Faz. Prata	4,71 bB ^{ns}	6,27 abA [*]
Faber-Castell	4,52 bA ^{ns}	5,22 bcA ^{ns}
Testemunha	4,01	

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste.

3.1.2 Cinzas como fonte de Ca

À semelhança do que ocorreu com o pH, todas as cinzas diferiram da testemunha quanto ao incremento de Ca, exceto a cinza de bagaço de cana-de-açúcar. A cinza de padaria também proporcionou maiores incrementos de Ca para o solo arenoso, sendo que a melhor dose foi a de 200 kg ha⁻¹. E as cinzas que menos aportaram Ca ao solo foram as da BRF, Fazenda Prata, e a da Faber-Castell (nas doses de 200 kg ha⁻¹) e as cinzas da Faber-Castell na dose de 400 kg ha⁻¹ (Tabela 6).

Tabela 6. Cálcio no solo arenoso comparando diferentes tipos de cinzas em função das doses.

Cinzas	Doses	
	----- kg ha ⁻¹ -----	
	200	400
	----- cmol _c dm ⁻³ -----	
BRF	1,36 bcB *	2,08 bA *
Padaria	4,14 aA *	3,29 aB *
Bag. Cana	0,66 dA ^{ns}	0,65 dA ^{ns}
Faz. Prata	1,60 bB *	2,29 bA *
Faber-Castell	1,14 cB *	1,69 cA *
Testemunha	0,73	

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste.

3.1.3 Cinzas como fonte de Mg

Com exceção da cinza de bagaço de cana-de açúcar, todas as fontes de cinzas diferiram da testemunha proporcionando maiores teores de Mg ao solo, e destas quatro cinzas a de padaria e Fazenda Prata proporcionaram maiores teores de Mg, sendo a dose de 400 kg ha⁻¹ a melhor para ambas as cinzas. Em contraste, as cinzas que menos favorecem o nutriente no solo foram a Faber-Castell e BRF nas doses de 200 kg ha⁻¹ (Tabela 7).

Tabela 7. Magnésio no solo arenoso comparando diferentes tipos de cinzas em função das doses.

Cinzas	Doses	
	----- kg ha ⁻¹ -----	
	200	400
	----- cmol _c dm ⁻³ -----	
BRF	0,27 bB *	0,41 bA *
Padaria	0,41 aB *	0,60 aA *
Bag. Cana	0,14 cA ^{ns}	0,16 cA ^{ns}
Faz. Prata	0,47 aB *	0,70 aA *
Faber-Castell	0,37 abB *	0,65 aA *
Testemunha	0,13	

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste.

3.1.4 Cinzas como fonte de Si

Não houve interação entre as fontes e doses, entretanto, houve diferenças

significativas no Si entre as cinzas, sendo a cinza da Faber-Castell a que mais incrementou Si ao solo arenoso. E a melhor dose para alterar este elemento no solo foi a de 400 kg ha⁻¹

As cinzas de padaria, bagaço de cana, e a BRF na dose de 200 kg ha⁻¹ não diferiram da testemunha, não proporcionando incremento de silício ao solo em relação à testemunha (Tabela 8).

Figura 8. Médias de Si no solo arenoso em função das diferentes doses e tipos de cinza.

Cinza	Silício no solo (mg kg ⁻¹)		Média
	Dose		
	200	400	
	-----kg ha ⁻¹ -----		
BRF	4,3 ^{ns}	4,96 [*]	4,63b
Padaria	2,9 ^{ns}	3,23 ^{ns}	3,06c
Bag. Cana	2,94 ^{ns}	3,19 ^{ns}	3,07c
Faz. Prata	5,72 [*]	6,47 [*]	6,09b
Faber-Castell	7,12 [*]	8,77 [*]	7,95a
Média	4,6 B	5,32 A	
Testemunha	2,66		

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste.

3.1.5 Comparação das cinzas com o padrão wollastonita

As variáveis pH, Ca e Mg analisadas em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita não diferiram entre os tratamentos. Já para o Si, a aplicação de Wollastonita no solo arenoso proporcionou aumento crescente do elemento em relação às doses, em que na dose de 400 kg ha⁻¹ foi observado que o teor de silício disponível foi de 5,8 mg kg⁻¹ (Figura 1).

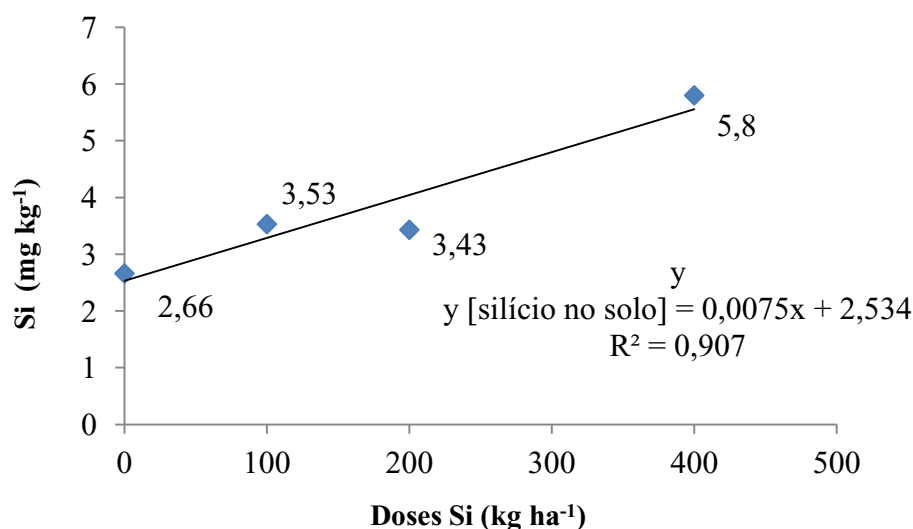


Figura 1. Teores de Si, extraído com CaCl_2 ($0,01 \text{ mol L}^{-1}$), em solo arenoso em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita, após 30 dias de incubação.

3.1.6 Doses equivalentes de Wollastonita para Si no solo arenoso

Para o fornecimento de Si ao solo, a fonte Faber-Castell foi a que mais se destacou dentre todas as cinzas. De acordo com os resultados de equivalência, o que se observa é que para que a wollastonita alcance os resultados semelhantes ao desta cinza seria necessária a aplicação de doses maiores das que foram usadas com a fonte. Em contraste, a cinza de padaria foi a que obteve a menor dose equivalente de Wollastonita.

Tabela 9. Dose equivalente de Wollastonita para Si no solo arenoso

Equação	Cinzas	Dose kg ha^{-1}	Si no solo mg kg^{-1}	Dose equivalente de Wollastonita kg ha^{-1}
$y = 0,0075x + 2,534$	BRF	200	4,3	235,467
	BRF	400	4,96	323,467
	Padaria	200	2,9	48,800
	Padaria	400	3,23	92,800
	Bag. Cana	200	2,94	54,133
	Bag. Cana	400	3,19	87,467
	Faz. Prata	200	5,72	424,800
	Faz. Prata	400	6,47	524,800
	Faber-Castell	200	7,12	611,467
	Faber-Castell	400	8,77	831,467

3.1.7 Eficiência Relativa das fontes de cinzas em relação à Wollastonita

As fontes BRF (200 kg ha⁻¹), Fazenda Prata e Faber-Castell foram mais eficientes que a Wollastonita no fornecimento de Si para o solo arenoso (Tabela 10).

Tabela 10. Eficiência Relativa das fontes de cinzas em relação à Wollastonita

Cinza	Dose kg ha ⁻¹	Silício mg kg ⁻¹	Eficiência relativa %
BRF	200	4,3	212,99
BRF	400	4,96	73,25
Padaria	200	2,9	31,17
Padaria	400	3,23	18,15
Bag. Cana	200	2,94	36,36
Bag. Cana	400	3,19	16,88
Faz. Prata	200	5,72	397,40
Faz. Prata	400	6,47	121,34
Faber-Castell	200	7,12	579,22
Faber-Castell	400	8,77	194,59
Wollastonita	200	3,43	100
Wollastonita	400	5,80	100
Testemunha	-	2,66	-

3.2 Solo Argiloso

3.2.1 Correção de acidez do solo pelo uso das cinzas

Todas as cinzas, com exceção da cinza de padaria na dose de 400 kg ha⁻¹, não diferiram da testemunha quanto ao pH do solo arenoso.

A aplicação das diferentes cinzas não foi influenciada pelas doses utilizadas em relação ao pH. No entanto, o fator cinza, independente da dose aplicada, obteve diferença quanto ao pH, sendo que a cinza de padaria foi a que mais se destacou nessa característica no solo argiloso (Tabela 11).

Tabela 11. Médias de pH no solo argiloso em função das diferentes doses e tipos de cinza.

Cinza	pH no solo		Média
	Dose		
	200	400	
	-----kg ha ⁻¹ -----		
BRF	5,53 ^{ns}	5,98 ^{ns}	5,76b
Padaria	6,93 ^{ns}	7,51 [*]	7,22a
Bag. Cana	5,01 ^{ns}	5,01 ^{ns}	5,01b
Faz. Prata	5,09 ^{ns}	6,49 ^{ns}	5,79b
Faber-Castell	5,03 ^{ns}	4,82 ^{ns}	4,92b
Média	5,52 A	5,96 A	
Testemunha	5,18		

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste.

Prado et al. (2002) estudando o efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo para plantio de mudas de goiabeira observaram que houve benefícios para a condição do solo com a redução da acidez do mesmo e aumento na concentração de Ca e de Mg. Os autores verificaram que houve interação significativa entre reação do solo analisado e doses, sendo que os maiores acréscimos ocorreram com as maiores doses.

3.2.2 Cinzas como fonte de Ca

Com exceção da cinza de bagaço de cana-de-açúcar que se comportou como a testemunha, todas as cinzas diferiram da testemunha quanto ao incremento de Ca ao solo argiloso.

A cinza de padaria na dose de 200 kg ha⁻¹ foi a que mais se destacou quanto ao acréscimo de Ca no solo (Tabela 12).

Tabela 12. Cálcio no solo argiloso comparando diferentes tipos de cinzas em função das doses.

Cinzas	Dose	
	----- kg ha ⁻¹ -----	
	200	400
	----- cmol _c dm ⁻³ -----	
BRF	1,07 cB [*]	1,81 bA [*]
Padaria	3,76 aA [*]	3,28 aB [*]
Bag. Cana	0,65 dA ^{ns}	0,62 cA ^{ns}
Faz. Prata	1,59 bB [*]	1,96 bA [*]
Faber-Castell	1,13 cB [*]	1,57 bA [*]
Testemunha	0,59	

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste.

3.2.3 Cinzas como fonte de Mg

Para o Mg foi observado que a cinza de bagaço de cana-de-açúcar e a cinza da BRF na dose de 200 Kg ha⁻¹ não provocaram aumentos relevantes de Mg no solo comparado com a testemunha. Já as demais cinzas, em ambas as doses, houve aumentos significativos.

Para essas cinzas que se destacaram da testemunha a cinza da Fazenda Prata na dose de 400 kg ha⁻¹ foi a que mais alterou o solo argiloso quanto aos teores de Mg (Tabela 12).

Tabela 12. Magnésio no solo argiloso comparando diferentes tipos de cinzas em função das doses.

Cinzas	Doses	
	----- kg ha ⁻¹ -----	
	200	400
	----- cmol _c dm ⁻³ -----	
BRF	0,21 cB ^{ns}	0,32 dA [*]
Padaria	0,33 bB [*]	0,45 cA [*]
Bag. Cana	0,14 cA ^{ns}	0,15 eA ^{ns}
Faz. Prata	0,50 aB [*]	0,63 aA [*]
Faber-Castell	0,35 bB [*]	0,55 bA [*]
Testemunha	0,13	

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste

3.2.4 Cinzas como fonte de Si

Como fonte de Si para o solo argiloso, as cinzas que diferiram da testemunha foram as da padaria, da Fazenda Prata e da Faber-Castell, sendo que para as duas primeiras as duas doses utilizadas se comportaram igualmente e para a cinza da Faber-Castell a melhor dose foi a de 400 Kg ha⁻¹ (Tabela 13). De todas essas cinzas, as que se destacaram foram às fontes da Faber-Castell e da Fazenda Prata.

Tabela 13. Silício no solo argiloso comparando diferentes tipos de cinzas em função das doses.

Cinzas	Doses	
	200	400
	----- kg ha ⁻¹ -----	
	----- mg kg ⁻¹ -----	
BRF	4,10 bcA ^{ns}	3,93 bA ^{ns}
Padaria	1,53 dA [*]	1,48 cA [*]
Bag. Cana	3,67 cA ^{ns}	3,97 bA ^{ns}
Faz. Prata	5,38 abA [*]	4,92 bA [*]
Faber-Castell	6,22 aB [*]	7,97 aA [*]
Testemunha	2,98	

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *: diferente significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo pelo mesmo teste.

3.2.5 Comparação das cinzas com o padrão wollastonita

As variáveis pH e Mg analisadas em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita não diferiram entre os tratamentos.

Para o Si, a aplicação de Wollastonita no solo argiloso proporcionou aumento crescente no teor deste nutriente, em que na dose de 400 kg ha⁻¹ foi observado que o teor de silício disponível foi de 12,13 mg kg⁻¹ (Figura 2).

Santos (2008), trabalhando com solos semelhantes ao do presente estudo, observou que a aplicação de Wollastonita proporcionou aumentos lineares nos teores de Si para as doses crescentes utilizadas, sendo o solo argiloso o que apresentou os maiores valores comparado com o solo arenoso. Segundo a autora isso pode ser justificado devido a própria composição inicial destes solos em relação à quantidade de silício.

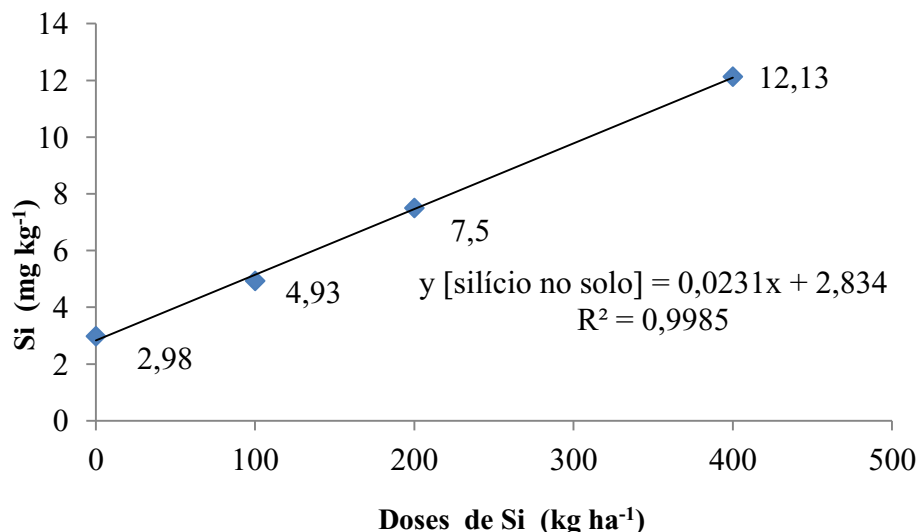


Figura 2-Teores de Si, extraído com CaCl_2 ($0,01 \text{ mol L}^{-1}$), em solo argiloso em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita, após 30 dias de incubação.

Assim como ocorreu no silício, a aplicação de Wollastonita no solo argiloso proporcionou aumento crescente no teor de Ca até a dose de 400 kg ha^{-1} , que foi a dose que apresentou maior teor de cálcio disponível com $1,58 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 3)

Araújo (2007) analisando a mesma fonte padrão encontrou resultados semelhantes para o cálcio na dose de 400 Kg ha^{-1} .

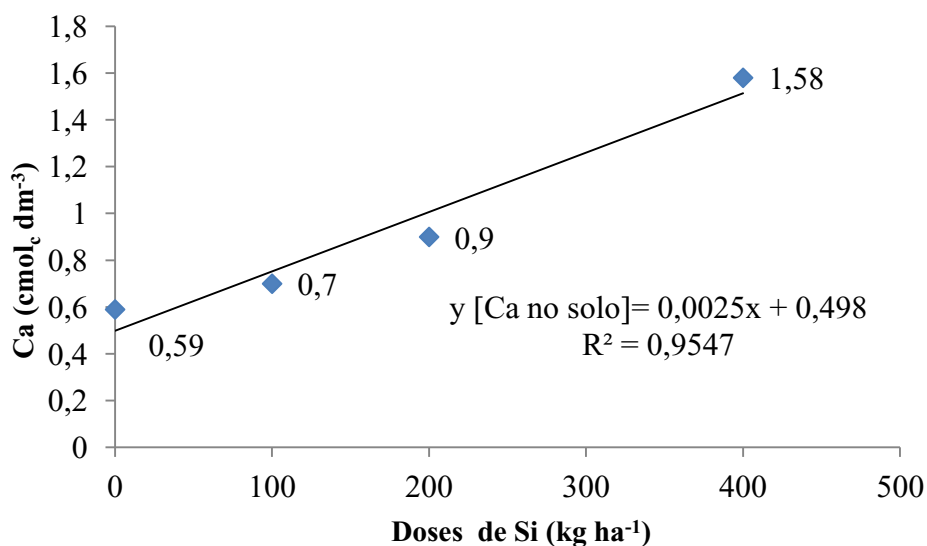


Figura 3- Teores de Ca em solo argiloso, em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita, após 30 dias de incubação.

Marafoni e Endres (2013) comentam que os silicatos tem comportamento similar aos carbonatos de cálcio e de magnésio que são aplicados ao solo, sendo que as reações também são semelhantes às provocadas pelo calcário, como aumento do pH,

precipitação de Al tóxico e Mn, aumento nos níveis de Ca e Mg trocáveis, além de somar o benefício de se ter mais Si nos solos.

3.2.6 Dose equivalente de wollastonita para Si no solo argiloso

Para o fornecimento de Si ao solo, a fonte Faber-Castell foi a que mais se destacou dentre todas as cinzas e acordo com os resultados de equivalência, o que se observa é um comportamento diferente do que aconteceu com solo arenoso, pois para que a wollastonita alcance os resultados semelhantes ao desta cinza no solo argiloso, seria necessário a aplicação de doses menores das que foram usadas com a fonte.

Para todas as cinzas a Wollastonita obteve doses equivalentes menores, demonstrando a superioridade da fonte padrão para o fornecimento de Si ao solo argiloso.

Tabela 14. Dose equivalente de wollastonita para Si no solo argiloso

Equação	Cinzas	Dose kg ha ⁻¹	Si no solo mg kg ⁻¹	Dose equivalente de Wollastonita kg ha ⁻¹
$y = 0,0231x + 2,834$	BRF	200	4,1	39,44
	BRF	400	3,93	34,14
	Padaria	200	1,53	*
	Padaria	400	1,48	*
	Bag. Cana	200	3,67	26,04
	Bag. Cana	400	3,97	35,39
	Faz. Prata	200	5,38	79,31
	Faz. Prata	400	4,92	64,98
	Faber-Castell	200	6,22	105,48
	Faber-Castell	400	7,97	160,00

*A aplicação de cinzas de padaria não proporcionou aumentos de si no solo.

3.2.7 Dose equivalente de wollastonita para Ca no solo argiloso

Para o fornecimento de Ca ao solo, a fonte padaria foi a que mais se destacou dentre todas as cinzas e observando os resultados de equivalência, o que se se nota é que para que a Wollastonita consiga oferecer ao solo os mesmos resultados de Ca seria necessário uma dose maior que a utilizada pela cinza. Isso indica que para esse nutriente a fonte de cinza seria mais eficiente (Tabela 15).

Tabela 15. Dose equivalente de Wollastonita para Ca no solo argiloso

Equação	Cinzas	Dose kg ha ⁻¹	Ca no Solo cmol _c dm ⁻³	Dose equivalente de Wollastonita kg ha ⁻¹
y = 0,0025x + 0,498	BRF	200	1,07	228,80
	BRF	400	1,81	524,8
	Padaria	200	3,76	1304,8
	Padaria	400	3,28	1112,8
	Bag. Cana	200	0,65	60,8
	Bag. Cana	400	0,62	48,8
	Faz. Prata	200	1,59	436,8
	Faz. Prata	400	1,96	584,8
	Faber-Castell	200	1,13	252,8
	Faber-Castell	400	1,57	428,8

3.2.8 Eficiência Relativa das fontes de cinzas em relação à Wollastonita

Todas as cinzas foram menos eficientes que a Wollastonita no fornecimento de Si para o solo argiloso, sendo a Faber-Castell a fonte que mais se aproximou da fonte padrão (Tabela 16).

Tabela 16. Eficiência Relativa das fontes de cinzas em relação à Wollastonita (Si)

Cinza	Dose Kg ha ⁻¹	Silício mg kg ⁻¹	Eficiência relativa (%)
BRF Brasil	200	4,1	24,78
BRF Brasil	400	3,93	10,38
Padaria	200	1,53	*
Padaria	400	1,48	*
Bag. Cana	200	3,67	15,27
Bag. Cana	400	3,97	10,82
Faz. Prata	200	5,38	53,10
Faz. Prata	400	4,92	21,20
Faber-Castell	200	6,22	71,68
Faber-Castell	400	7,97	54,54
Wollastonita	200	7,5	100
Wollastonita	400	12,13	100
Testemunha		2,98	

*A aplicação de cinzas de padaria não proporcionou aumentos de si no solo

3.2.9 Eficiência Relativa da wollastonita em relação as fontes de cinzas quanto ao Ca no solo argiloso

A cinza da BRF, padaria, Fazenda Prata e da Faber-Castell na dose de 200 kg ha⁻¹ foram mais eficientes em fornecer Ca ao solo argiloso que a Wollastonita (Figura 17).

Tabela 17. Eficiência Relativa das fontes de cinzas em relação à Wollastonita (Ca)

Cinza	Dose kg ha ⁻¹	Ca cmol _c dm ⁻³	Eficiência relativa (%)
BRF	200	1,07	154,84
BRF	400	1,81	123,23
Padaria	200	3,76	1022,58
Padaria	400	3,28	271,72
Bag. Cana	200	0,65	19,35
Bag. Cana	400	0,62	3,03
Faz. Prata	200	1,59	322,58
Faz. Prata	400	1,96	138,38
Faber-Castell	200	1,13	174,19
Faber-Castell	400	1,57	98,99
Wollastonita	200	0,9	100
Wollastonita	400	1,58	100
Testemunha		0,59	

4 CONCLUSÕES

Para o solo arenoso as fontes mais eficientes foram as cinzas de padaria para a correção de pH, fornecimento de Ca e Mg, sendo que para o pH as duas doses tiveram comportamento semelhante, enquanto que na variável Ca a dose de 200 kg ha⁻¹ foi a que mais forneceu o nutriente; para o Mg a melhor dose foi a de 400 kg ha⁻¹. As cinzas da Faber-Castell na dose de 400 kg ha⁻¹ apresentaram os melhores resultados para Si.

Para o solo argiloso as fontes mais eficientes foram as cinzas de padaria para a correção de acidez e fornecimento de Ca, sendo que a dose mais eficiente para este nutriente foi a de 200 kg ha⁻¹. Enquanto que para o Mg a cinza da Fazenda Prata na dose de 400 kg ha⁻¹ foi a mais eficiente. Já para o Si, a Faber-Castell na dose 400 kg ha⁻¹ foi a que mais se destacou.

De acordo com a fonte, as cinzas oriundas de biomassa vegetal possuem potencial de corrigir pH e disponibilizar nutrientes para o solo.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF 2012 – Ano-Base 2011. Brasília, 2012. 150p. Disponível em: < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em 05 jun. 2013.

ARAÚJO, L.S. **Uso da “Escória transformada” como corretivo de acidez do solo e fonte de silício, cálcio e magnésio.** 2007. 27f. Monografia (Graduação em agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto.** Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

CASTRO, J. **Eucalipto:** Desfazendo mitos e preconceitos. DEF-CEDAF. Painele florestal. Associação Mineira de Silvicultura. 2009. Disponível em: <<http://www.silviminas.com.br/principal/iConteudo.aspx?cty=46&cnt=147&ano=28&mn=0>>. Acesso em 07 de jun. 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro- RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa. 1999. 212 p.

GARCIA, J. N.; PEREIRA, M, G. **O Eucalipto e a pequena propriedade rural.** Piracicaba: ESALQ. 2010. 59p.

GULLÓN, F. S. **Aplicación de cenizas de biomasa arborea como fertilizante y encalante de plantaciones forestales en Galicia.** 2004. total de páginas. Tese Doutorado. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela. 2001.

GULLÓN, F. S.; SOALLEIRO, R. R.; GARCÍA, A. M. Respueta de plantaciones forestales jóvenes sobre suelos ácidos a la fertilización con cenizas de biomasa. Actas de la I Reunión sobre Ecología, Ecofisiología y Suelos Forestales. Cuad. **Soc. Esp. Cienc. For.** 2004. Disponível em: < dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2982841.pdf> Acesso em: 07 de jun. de 2013.

Indústria Brasileira de Árvores-IBÁ. Brasília, 2012. 100 p. Disponível em:< http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf> Acesso em 20 de jan. de 2015.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício:** solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).

LE MOS, S.V.; SILVA R.L.; MANTOVANI, G.P.; GARCIA, E.A.; GUERRA, S.P.S.; LANÇAS, K.P. **Produtividade energética da madeira de eucalipto.** Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciência Agrônômicas. Botucatu-SP. 2012. Disponível em:< http://www.nempa.com.br/skin/default/arquivos/artigos/103/76_Stella_22.pdf> Acesso em 06 de jun. de 2013.

LIMA FILHO, O. F. Embrapa Agropecuária Oeste. Silício: produtividade com qualidade na lavoura. 2008. Disponível em: <<http://silifertil.com.br/download-de-artigos/silicio05.pdf>>. Acesso em: 10 de jan. de 2015.

MAPA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Solubilidade De Fertilizantes Contendo Silício - Método Incubação**. 2010.

Disponível em:<

http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Registro%20de%20Estabelecimento%20e%20Produto/2010%20-%20METODO%20REATIVIDADE%20Si-INCUBACAO%20-%20Ver%2015.pdf>.

Acesso em 16 de jan. de 2015.

MARAFONI, A. C.; ENDRES, L. E. Silicon: fertilization and nutrition in higher plants. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 56, n. 4, p. 380-388, out./dez. 2013.

MEDEIROS, C. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D. GATIBONI. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na saturação e no desenvolvimento inicial de plantas

MÜLLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG**. 2005. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2005.

PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W. **Efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1493-1500. 2002

RAYMUNDO, V. **USO DE RESÍDUOS DE SERRAGEM DE MÁRMORES DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO COMO CORRETIVO DA ACIDEZ DE SOLOS**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo. 2008.

SANTOS., A. S. **AVALIAÇÃO DE ESCÓRIA SIDERÚRGICAS COMO CORRETIVO DE ACIDEZ DO SOLO E COMO FONTE DE SILÍCIO, CÁLCIO E MAGNÉSIO**. 28 f. Monografia (Graduação em agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2008.

SEOANE, M. S. **Empleo de cenizas de las industrias de tableros como restituyente de nutrientes em plantaciones aclaradas de *Pinus radiata* D. Don**. 2009. 527 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Santiago de Compostela. Lugo. 2009.

SIMÕES, J. W. **Métodos de produção de mudas de eucalipto**. 1968 .71p. Tese (Doutorado em Agronomia)- ESALQ-USP, Piracicaba. 1968. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/simoes,jw-d.pdf>> Acesso em 10 de jul. de 2011.

ANEXO

Caracterização química das cinco fontes de cinzas.

Análises	Unidade	Base seca - 110°C					Umidade natural				
		Cinza I	Cinza II	Cinza III	Cinza IV	Cinza V	Cinza I	Cinza II	Cinza III	Cinza IV	Cinza V
pH CaCL ₂ 0,01M (Ref. 1:5)	pH						12	6,9	8,9	10,2	8,9
Densidade	g cm ⁻³						0,86	0,51	0,28	0,64	0,38
Umidade Perdida à 60-65°C	%						8,13	14,17	13,88	5,61	4,14
Umidade Perdida entre 65 e 110°C	%						1,21	7,51	1,94	2,45	1,53
Umidade Total	%						9,34	21,68	15,82	8,06	5,68
Materiais Inertes	%						0	0	0	0	0
Nitrogênio Total	%	0,04	1,36	0,14	0,04	0,14	0,04	1,07	0,12	0,04	0,13
Mat. Orgânica Total (Combustão)	%	14	45,3	26,56	17,87	23,65	12,69	35,48	22,36	16,43	22,31
Mat. Orgânica Compostável (Titulação)	%	4,25	35,42	16,5	4,3	5,48	3,85	27,74	13,89	3,95	5,17
Mat. Orgânica Resistente à Compostagem	%	9,75	9,88	10,06	13,57	18,17	8,84	7,74	8,47	12,48	17,14
Carbono Total (Orgânico e Mineral)	%	7,78	25,17	14,76	9,93	13,14	7,05	19,71	12,42	9,13	12,39
Carbono Orgânico	%	2,36	19,68	9,17	2,39	3,04	2,14	15,41	7,72	2,19	2,87
Resíduo Mineral Total	%	87,06	59,14	74,89	84,2	77,54	78,93	46,32	63,04	77,41	73,14
Resíduo Mineral Insolúvel	%	29,51	34,17	63,51	9,55	64,41	26,75	26,76	53,46	8,78	60,75
Resíduo Mineral Solúvel	%	57,55	24,98	11,38	74,64	13,13	52,18	19/1	9,58	68,63	12,39
Relação C/N (C Total e N Total)	%	195/1	19/1	105/1	248/1	94/1	176/1	18/1	104/1	228/1	95/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	%	59/1	14/1	66/1	60/1	22/1	54/1	14/1	64/1	55/1	22/1
Fósforo (P ₂ O ₆ Total)		1,15	0,81	0,86	4,96	0,64	1,04	0,63	0,72	4,56	0,6
Potássio (K ₂ O Total)	%	6,62	0,39	1,77	5,54	0,91	6	0,31	1,49	5,09	0,86
Cálcio (Ca Total)	%	17,65	1,56	1,2	23,7	1,62	16	1,22	1,01	21,79	1,53
Magnésio (Mg Total)	%	2,53	0,39	0,81	7,16	0,69	2,29	0,31	0,68	6,58	0,65
Enxofre (S Total)	%	0,14	1,23	0,12	0,23	0,05	0,13	0,96	0,1	0,21	0,05
Boro (B Total)	mg Kg ⁻¹	56	48	35	43	25	51	38	29	40	24

Continua...

