

JULIANA CRISTINA DA SILVA

EFEITO RESIDUAL DO AGREGADO SIDERÚRGICO E CALCÁRIO NO  
CRESCIMENTO DO EUCALIPTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-  
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração  
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Lísias Coelho

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S586e Silva, Juliana Cristina da, 1986-  
2012 Efeito residual do agregado siderúrgico e calcário no crescimento  
do eucalipto / Juliana Cristina da Silva. -- 2012.  
39 f. : il.

Orientador: Lísias Coelho.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Eucalipto - Teses. 3. Calcário - Teses.  
Teses. I. Lísias Coelho. II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

---

CDU: 631

JULIANA CRISTINA DA SILVA

EFEITO RESIDUAL DO AGREGADO SIDERÚRGICO E CALCÁRIO NO  
CRESCIMENTO DO EUCALIPTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-  
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração  
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 31 de agosto de 2012.

Prof. Dr<sup>a</sup>. Adriane de Andrade Silva

UFU

Prof. Dr. Luiz Augusto Domingues

IFTM

Dr<sup>a</sup>. Lilian Aparecida de Oliveira

UFU

Prof. Dr. Lísias Coelho  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais, Ana Rita e Reinaldo,  
A minha irmã Jaqueline e a minha Tia Nelma,  
Aos meus avôs, Ana e Everton (In memorian),  
Ao meu orientador Lísias Coelho.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre ao meu lado e por ter me concedido a oportunidade de estar vivendo esse momento.

À minha família, especialmente meus pais, Reinaldo José da Silva e Ana Rita Martins da Silva, que sempre me incentivaram e estiveram presentes me apoiando em todas as minhas decisões e me fortalecendo nos momentos mais difíceis; à minha irmã, Jaqueline Aparecida da Silva, grande companheira e minha amiga de todas as horas; e à minha tia Nelma Rita Martins, pela energia positiva e pelo carinho.

Ao meu orientador, Prof. Lísias Coelho, pela oportunidade oferecida, pela competência com que me orientou em minha dissertação de mestrado e também em minha carreira profissional. Pelo tempo que, generosamente dedicou passando seus conhecimentos. Enfim, por ter me conduzido durante a graduação e pós-graduação com paciência e confiança.

Aos membros da banca, Adriana e Luiz Augusto, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho em um feriado.

À minha grande amiga Andressa Nascimento, que desde os tempos de graduação vem acompanhando essa trajetória e me ajudando em todos os momentos, mesmo que de longe; a minha companheira de república, Atalita, que torceu por mim, e que também faz parte dessa caminhada.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Fertilizantes, em especial à Valéria, Douglas, Robson e Gustavo e aos funcionários do Laboratório de Análise de Solos: Andréa, Marinho, Manoel, Gilda e Eduardo, pelo espaço cedido para execução das análises necessárias durante a condução do experimento.

Aos meus professores do mestrado, que compartilharam comigo seus conhecimentos e sabedoria contribuindo, para minha formação.

Aos colegas de mestrado, com quem passei grande parte desse período, construindo novas amizades e dividindo vários momentos, os quais certamente ficaram gravados na minha história.

A todos aqueles, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

## EPÍGRAFE

"Não é o mais forte que sobrevive,  
nem o mais inteligente, mas o que  
melhor se adapta às mudanças."  
Charles Darwin

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVO .....	3
2.1 Objetivo geral .....	3
2.2 Objetivos Específicos .....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 O eucalipto .....	4
3.2 Calagem para eucalipto.....	4
3.3 Agregado siderúrgico.....	5
3.4 Silício no solo .....	6
3.5 Silício na planta e seus benefícios .....	7
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	9
4.1 Local de condução do experimento .....	9
4.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	9
4.3 Instalação do experimento .....	11
4.4 Análises Silviculturais .....	11
4.5 Análises em Laboratório.....	13
4.6 Análise Estatística.....	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
6 CONCLUSÕES .....	25
REFERÊNCIAS.....	26

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Caracterização química do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico como base experimental, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2005.....	9
TABELA 2 - Proporção e quantidades utilizadas das fontes de Cálcio, Magnésio e Silício.....	10
TABELA 3 - Análise de variância do pH no solo em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, aos quatro anos e oito meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	14
TABELA 4 - Médias dos teores de pH no solo em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura de eucalipto, aos quatro anos e oito meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	15
TABELA 5 - Análise de variância do teor de Ca no solo, em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções de corretivos de solo, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	15
TABELA 6 - Médias dos teores de Ca ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções de corretivos de solo, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	16
TABELA 7 – Análise de variância do teor de Mg no solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	17
TABELA 8 – Médias dos teores de Mg ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em diferentes fontes e proporções de corretivo, na cultura de eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	18
TABELA 9 – Análise de variância do teor de Si no solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	19
TABELA 10 – Médias do teor de Si no solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	20
TABELA 11 – Análise de variância do diâmetro médio, em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, avaliado aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	20
TABELA 12 – Diâmetros médios (cm) em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura de eucalipto, avaliados aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	22
TABELA 13 – Análise de variância da área basal ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, avaliada aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	23



TABELA 1 - Caracterização química do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico como base experimental, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2005.....	9
TABELA 2 - Proporção e quantidades utilizadas das fontes de Cálcio, Magnésio e Silício.....	10
TABELA 3 - Análise de variância do pH no solo em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, aos quatro anos e oito meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	14
TABELA 4 - Médias dos teores de pH no solo em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura de eucalipto, aos quatro anos e oito meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	15
TABELA 5 - Análise de variância do teor de Ca no solo, em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções de corretivos de solo, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	15
TABELA 6 - Médias dos teores de Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo, em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções de corretivos de solo, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	16
TABELA 7 – Análise de variância do teor de Mg no solo ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	17
TABELA 8 – Médias dos teores de Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo, em diferentes fontes e proporções de corretivo, na cultura de eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	18
TABELA 9 – Análise de variância do teor de Si no solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	19
TABELA 10 – Médias do teor de Si no solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	20
TABELA 11 – Análise de variância do diâmetro médio, em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, avaliado aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	20
TABELA 12 – Diâmetros médios (cm) em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura de eucalipto, avaliados aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	22
TABELA 13 – Análise de variância da área basal ( $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, avaliada aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010.....	23

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Croqui do experimento do efeito residual do agregado siderúrgico e calcário na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2005. ....	10
FIGURA 2. Efeito das fontes de Ca e Mg no teor de cálcio ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010 .....	17
FIGURA 3. Efeito das fontes de Ca e Mg no teor de magnésio ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010 .....	18
FIGURA 4. Curvas dos incrementos médio e corrente anual, sem a aplicação de corretivos (A), e com a aplicação de calcário ou agregado siderúrgico na proporção de 0,25 (B), 0,5 (C), 1 (D) e 2 (E) vezes a dose recomendada para a cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010 .....	24

## RESUMO

SILVA, JULIANA CRISTINA DA. **Efeito residual do agregado siderúrgico e calcário no crescimento do eucalipto.** 2012. 29 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

O agregado siderúrgico, constituído de silicato de cálcio e magnésio, é uma alternativa para a correção da necessidade de Ca e Mg dos solos. O presente trabalho foi desenvolvido Fazenda Floresta do Lobo - Uberlândia-MG, para avaliar os efeitos da silicatagem no pH do solo e teor residual de Si, Ca e Mg, e no DAP (diâmetro à altura do peito), área basal, ICA (incremento corrente anual) e IMA (incremento médio anual) de eucalipto em comparação à calagem. O experimento foi instalado sobre um Latossolo Vermelho distrófico típico, em 30 de novembro de 2005, em DIC, em esquema fatorial 4 x 2 + 1 para a comparação de duas fontes de corretivos de acidez, com uma testemunha (sem aplicação de corretivo) e quatro doses e cinco repetições. Os tratamentos referentes às doses de agregado e calcário foram aplicados nas proporções ¼, ½, 1 (1,5 t ha<sup>-1</sup>) e 2 vezes a necessidade corretivo. O pH do solo não foi influenciado pelas fontes de corretivo do solo. O teor de cálcio e magnésio no solo dependem da fonte e dose de corretivo utilizada. A aplicação de corretivo influenciou na quantidade de Si no solo, porém não houve diferença entre as fontes utilizadas. O diâmetro médio e a área basal não variaram entre as fontes de corretivo do solo, aos quatro anos e oito meses de idade, sendo que esse resultado ainda permaneceu na avaliação realizada aos cinco anos e dois meses de idade. O ICA é menor que o IMA aos cinco anos e dois meses de idade na cultura do eucalipto, indicando que a colheita deve ser feita. A aplicação de corretivo na cultura do eucalipto proporcionou IMA aos quatro anos e oito meses de idade e esta diferença permaneceu aos cinco anos e dois meses de idade. Portanto, o agregado siderúrgico pode ser usado eficientemente na cultura do eucalipto para suprir a necessidade de Si, Ca e Mg.

Palavras-Chave: *Eucalyptus*, silício, agregado de siderúrgica.

---

<sup>1</sup> Orientador: Lísias Coelho – UFU.

## ABSTRACT

SILVA, JULIANA CRISTINA DA. **Residual effect of slags and lime on eucalypt growth.** 2012. 29 p. Dissertation (Master's degree in Agriculture/Crop Sciences) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>2</sup>

Metallurgical slags, consisting of calcium and magnesium silicate, is an alternative for the correction of Ca and Mg soil requirements. This study was done at Fazenda Floresta do Lobo - Uberlândia-MG, evaluating the effects of silicate on soil pH and residual contents of Si, Ca and Mg, and on DBH (diameter at breast height), quadratic diameter, basal area, CAG (current annual growth) and AAG (average annual growth) of eucalypts in comparison with liming. The experiment was done in a Typic Acrustox, on 30 November 2005, in a completely randomized design, as a 4 x 2 + 1 factorial with two acidity correction sources, four doses and an additional treatment (control, with no correctives) and five replications. Treatments referring to aggregate and lime doses were applied in the proportions of ¼, ½, 1 (1.5 t ha<sup>-1</sup>) and 2 time the corrective requirement. Soil pH was not affected by the corrective sources after four years and eight months. Soil calcium and magnesium contents depended on corrective source and dose applied. Corrective application affected silicon amount in the soil; however, no differences between the sources were observed. Quadratic diameter and basal area did not vary between the corrective sources after four years and eight months and five years and two months of application. Current annual growth was smaller than AAG at five years and two months, indicating that the eucalypts should be harvested. Soil corrective application in eucalypts resulted in greater AAG after four years and eight months and Five years and two months. Therefore, slags can be effectively used in eucalypts for supplying Si, Ca and Mg.

Key words: *Eucalyptus*, silicon, slag.

---

<sup>2</sup> Supervisor: Lísias Coelho – UFU.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores áreas de florestas plantadas no mundo, e segundo o Anuário estatístico da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF (2012), ano base 2011, a área total de florestas plantadas de eucalipto e pinus no Brasil atingiu 6.515.844 ha. Nesse cenário, as plantações de eucalipto ocupam mais de 4,8 milhões de hectares. O destaque no setor florestal se dá devido às condições climáticas adequadas e tecnologia desenvolvida, o que leva as taxas nacionais de crescimento do eucalipto superiores às observadas em outros países (CIB - CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, 2008).

Apesar de não existir a necessidade, nem a recomendação, de correção da acidez do solo pela calagem para a cultura do eucalipto, esta prática agrônômica tem sido adotada por várias empresas preocupadas com o desenvolvimento inicial e estabelecimento da cultura devido às vantagens apresentadas pelo calcário como uma fonte de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (BARROS et al., 1990).

O calcário tem sido o material corretivo mais utilizado no Brasil. Todavia, alguns materiais alternativos, tais como os agregados de siderurgia (silicatos), vêm se mostrando como opção na busca por maiores produtividades e como forma de disposição final de resíduos. Estes, além de serem corretivos de solo, constituem fonte de silício (PRADO et al., 2001).

Este fato está relacionado ao poder que os silicatos possuem de corrigirem o pH do solo, diminuindo a fitotoxicidade provocada pelo  $Al^{3+}$ , fornecerem ao solo bases como  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  e, ao mesmo tempo, elevarem o teor de Si no solo. O silício é um micronutriente reconhecido por seu efeito no estado nutritivo das plantas, na sua influência na resistência das plantas em resposta a ataques de insetos, nematóides e fitopatógenos, redução da transpiração e, possivelmente, por alguns aspectos de eficiência fotossintética (DEREN et al., 1994).

O estudo do uso de silício na cultura do eucalipto vem sendo realizado com diversos objetivos, como melhoria da tolerância à ação da geada (SANTANA et al., 2007), ataques de insetos (SANTANA et al., 2007; POGETTO et al., 2007), avaliação do crescimento inicial e nutrição (LEITE, 2008) e resistência à doenças em viveiros (ROSA et al., 2010). Contudo, informações referentes a esse elemento no eucalipto,

como a quantidade acumulada nas árvores e exportada pela colheita da madeira, os efeitos sobre o crescimento, a qualidade do produto e a ocorrência de doenças são escassas (SILVEIRA; HIGASHI, 2003). A partir do exposto, torna-se necessário a realização de estudos de campo, que permitam entender o papel do silício para o eucalipto durante seu ciclo de vida.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Objetivou-se estudar os efeitos da silicatagem como fonte de silício, cálcio e magnésio, na cultura de eucalipto, aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, quando comparada à calagem.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar o pH do solo;
- Analisar os teores de silício, cálcio e magnésio presentes no solo;
- Avaliar o diâmetro à altura do peito (DAP) e área basal das árvores;
- Avaliar o incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) da área basal  $\text{ha}^{-1}$  aos quatro anos e oito meses (2009) e cinco anos e dois meses (2010) de idade.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 O eucalipto**

O gênero *Eucalyptus* compreende aproximadamente 730 espécies adaptadas a diversas condições de solo e clima (COELHO; SILVA, 2007). Dessa grande variedade de espécies, apenas duas não são originárias da Austrália (*Eucalyptus urophylla* e *E. deglupta*) (MOURA; GARCIA, 2000).

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil se deu em 1825, mas apenas em 1966, com os incentivos fiscais para o reflorestamento (que duraram 24 anos), houve um salto na produção do eucalipto (SCARPINELLA, 2002). Há dezenas de espécies adaptáveis às diferentes regiões do Brasil, destacando-se as de uso para fabricação de celulose, que representa a sua maior destinação no país e no mundo. Aliado a isso, o país detém uma das maiores produtividades e uma das menores idades de rotação das plantações (ALFENAS et al., 2004; FERREIRA; MILANI, 2002).

O uso do eucalipto tem as mais variadas finalidades, como: produção de dormentes, poste, lenha (carvão), confecção de móveis, extração de óleo essencial, mourões, produção de celulose para fabricação de papel, destacando-se nas últimas décadas como um grande aliado do reflorestamento (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA - CIB, 2008).

Atualmente, as plantações de eucalipto no Brasil ocupam 4.873.952 hectares, sendo que 1.401.787 hectares correspondem a áreas de florestas plantadas com eucalipto no Estado de Minas Gerais. Quando comparamos com a área total de 2010 (4.754.334 hectares), tem-se um crescimento de 2,5% (119.617 ha). O principal fator que alavancou esse crescimento foi o estabelecimento de novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de papel e celulose (ABRAF, 2012).

#### **3.2 Calagem para eucalipto**

Barros et al. (2004) consideram que, em plantações florestais comerciais, a aplicação de fertilizantes é generalizada e requer a adoção de critérios para a definição da tecnologia de fertilização, isto é, quais nutrientes aplicar, em que doses, épocas e



modo de aplicação em relação à planta. Para os autores, isso ocorre, pois existe um reduzido volume de informações e falta sistematização daquela existente, que leva a procedimentos variados na aplicação da técnica de fertilização em plantios de eucalipto.

A grande maioria das áreas de florestamento ocupadas por estas espécies estão sobre solos muito intemperizados e lixiviados, portanto, com baixa disponibilidade de nutrientes. Como fator complicante, o atendimento da demanda nutricional das árvores é bastante prejudicado pelos altos índices de deficiência hídrica que ocorrem na maior parte das áreas, como aquelas implantadas na região dos cerrados, onde estão os maiores blocos de florestamento com eucaliptos e pinus. Contudo, graças às baixas exigências de fertilidade do solo e também ao programa de melhoramento genético conduzido no Brasil, em que se procura adaptar as espécies às condições edafoclimáticas da região, as florestas de eucaliptos e pinus têm se mostrado produtivas, mesmo com recomendações de adubação bem aquém daquelas utilizadas para as culturas agrícolas (GONÇALVES, 1995).

De uma forma geral, as espécies de eucaliptos plantadas no Brasil são tolerantes à acidez do solo. A calagem tem como objetivo maior elevar os teores de Ca e Mg nos solos do que a correção do pH propriamente dita (EMBRAPA, 2010).

Semelhantemente, Coelho e Silva (2007) também relatam que algumas espécies de eucalipto suportam solos de baixa fertilidade e acidez elevada; entretanto, a prática da calagem é essencial para o bom desenvolvimento da planta devido à maior disponibilização de nutrientes. Vale e al. (1996), estudando o crescimento radicular de 15 espécies florestais em solo ácido, consideraram que *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* foram tolerantes a fatores limitantes de solo ácido.

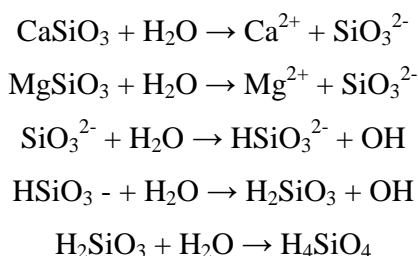
### **3.3 Agregado siderúrgico**

O agregado siderúrgico se revela como corretivo de acidez do solo e como fonte de Ca, Mg e Si para as plantas por possuir em sua composição alta concentração de silicatos de Ca e Mg (KORNDÖRFER et al., 2002). Como material corretivo, o agregado siderúrgico pode apresentar efeito residual, beneficiando culturas de ciclo longo (PRADO et al., 2003).

Os silicatos comportam-se de maneira similar aos carbonatos no solo, sendo capazes de elevar o pH, neutralizando o Al trocável e outros elementos tóxicos, além de serem ricos em Ca e Mg. Isso acontece porque os silicatos promovem a reação dos ânions  $\text{SiO}_3^{2-}$  com a água, liberando hidroxilas ( $\text{OH}^+$ ) para a solução do solo (KLUGER, 1989).

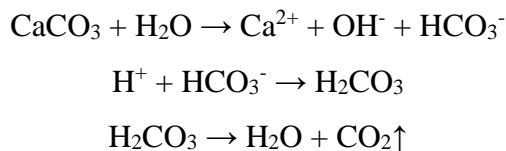
Conforme a Equação 1, descrita por Alcarde e Rodella (2003), o mecanismo de correção da acidez pelo agregado resulta na formação de ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), que se dissocia menos que os  $\text{H}^+$  adsorvidos ao complexo de troca, e por isso, o pH do solo se eleva.

Equação 1



Quando a equação do agregado é comparada com a equação do calcário (Equação 2), descrita por Alcarde (1992), percebe-se que o uso do agregado siderúrgico é vantajoso pelo fato dele fornecer Ca, Mg e o Si, que é um elemento benéfico para as plantas. Além disso, em seu mecanismo de correção da acidez do solo, os silicatos, diferentemente dos carbonatos, não liberam para a atmosfera moléculas de  $\text{CO}_2$ , que contribuem para o aumento do efeito estufa e de seus consequentes danos ao meio ambiente (NOLLA, 2004).

Equação 2



### 3.4 Silício no solo

O silício (Si) é o principal componente de minerais do grupo dos silicatos, compreendendo 28% da crosta terrestre. Este se apresenta de forma livre ou combinada

como parte dominante da fração sólida e dissolvida na solução do solo (MA et al., 2001). O Si faz parte da composição de minerais primários, como feldspatos, augita, quartzo e mica; e em minerais secundários, como a caulinita, montmorilonita, ilita e clorita (RAIJ, 1991).

As principais formas de silício presentes no solo são: a) silício solúvel ( $H_4SiO_4$  – ácido monossilícico) e prontamente absorvido pelas plantas, que é desprovido de carga elétrica; b) silício adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio, c) os minerais silicatados (cristalinos e amorfos), d) silício polimerizado, e) silício na forma de fitólitos (RAIJ; CAMARGO, 1973).

A forma disponível de Si na solução do solo, o ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), pode ter origem da decomposição dos resíduos de culturas, dos fertilizantes silicatados, da água de irrigação, da dissociação dos polímeros do ácido monossilícico, da dessorção dos óxidos de ferro e de alumínio ou da dissolução dos minerais do solo (MATICHENKOV; CALVERT, 2002). Alguns fatores do solo que influenciam a concentração de Si na solução do solo são: a composição mineralógica e textural, o processo de ciclagem do nutriente, acidez do solo e predominância de íons na solução (McKEAGUE et al., 1963 apud BUCK, 2006).

### **3.5 Silício na planta e seus benefícios**

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), polimerizando-se quando sua concentração aumenta na planta (MITANI; MA, 2005). As plantas acumulam diferentes quantidades de silício, de acordo com a espécie (TISDALE et al., 1985), e o seu conteúdo nas mesmas varia de 1 a 10% em massa seca, sendo essa variação resultado da espécie e do ambiente onde essas plantas crescem (MA et al., 2001). As plantas podem ser classificadas como acumuladoras de Si, intermediárias e espécies exclusoras ou não acumuladoras de Si (TAKAHASHI et al., 1990). A diferença na acumulação de silício tem sido descrita como a habilidade das raízes em absorver Si.

Segundo Epstein (1994) e Marschner (1995), a aplicação de silício nas plantas está relacionada principalmente ao aumento do crescimento e à produção vegetal através de várias ações indiretas, deixando as folhas mais eretas, com redução do auto-sombreamento; diminuição do acamamento; proteção contra estresses abióticos, como a

redução da toxidez de Ferro, Manganês, Alumínio e Sódio; maior rigidez estrutural dos tecidos; diminuição da incidência de patógenos e aumento na proteção contra herbívoros.

Existem muitas informações disponíveis sobre o Silício em plantas, com maior ênfase no crescimento e produtividade de gramíneas, bem como para leguminosas e cereais de maior importância econômica. Contudo, poucos esforços têm sido dedicados às espécies arbóreas, como é o caso do eucalipto, amplamente difundido nos reflorestamentos pelo Brasil (CARVALHO et al., 2003).

Carneiro (2006), estudando três espécies de eucalipto, em cinco doses de silicato de potássio diluídas em solução nutritiva, considerou que *Eucalyptus citriodora* e *E. pellita* são plantas não-acumuladoras de Si enquanto *E. grandis* foi considerada uma planta intermediária na absorção deste elemento. Já Duarte (2009), ao avaliar um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em cinco doses de Si coloidal (30% SiO<sub>2</sub>), concluiu que esse clone de eucalipto era acumulador de Si, já que o mesmo absorveu 0,23 dag kg<sup>-1</sup> do elemento.

Léles et al. (2009), ao avaliarem a influência de calcário e escória de aciaria, em experimento em tambores de 60 litros, em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), concluíram que, após seis meses de plantio do eucalipto, a escória de aciaria proporcionou valores semelhantes de massa seca aos do calcário no LV e resultados superiores no NQ para crescimento inicial, sendo uma alternativa ao uso de calcário.

Leite (2008), comparando o tratamento equivalente a 2400 kg ha<sup>-1</sup> de escória + NPK, com a testemunha absoluta (sem escória e sem adubo químico), com a adubação química e com calcário + NPK em dois tipos de solo (Latossolo Vermelho - LV com textura argilosa e um Neossolo Quartzarênico - NQ com textura arenosa), após seis meses de plantio do eucalipto em experimento em tambores de 60 litros, em Botucatu, SP, ao avaliar a altura das plantas de eucalipto, observou que os tratamentos não diferiram entre si, e apenas a testemunha foi inferior aos demais.

Accioly et al. (2009), ao avaliarem o efeito de cinco doses de silicato de cálcio na redução da toxidez de metais pesados no solo para *Eucalyptus camaldulensis*, em vasos, concluíram que o silicato de cálcio reduziu a toxidez de metais pesados, retardou o aparecimento dos sintomas de toxidez e diminuiu os teores de zinco e cádmio na parte aérea das plantas, sendo que o efeito mitigador do silicato foi crescente com o aumento das doses e mais evidente nos solos com contaminação elevada.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Floresta do Lobo, localizada às margens da BR 050 no Km 93 em Uberlândia-MG, onde as coordenadas geográficas do ensaio são 19° 04' 08" S e 48° 08' 40 W. A área destinada para o plantio de Eucalipto era recortada em talhões e o talhão onde se situa o experimento foi o de número 33. Nele o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, cuja caracterização química realizada por Campos (2007), antes da instalação do experimento, está apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 - Caracterização química do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico como base experimental, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2005.

Solos	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Al	P	K	Si	H+Al	T	V	m	M.O.
	1:2,5	-cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> --		-mg dm <sup>-3</sup> --		mg kg <sup>-1</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		---%---		g kg <sup>-1</sup>
<b>LVdt</b>	4,5	0,3	0,2	0,8	14,0	25,7	3,9	10,5	10,97	5,20	57	3,8

Si disponível em CaCl<sub>2</sub> 0,01mol L<sup>-1</sup> (KORNDÖRFER et al., 2004); Ca, Mg, Al trocáveis = (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K disponível = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>); H+Al = SMP; T= CTC pH 7; V= Saturação por bases; MO= (Walkley-Black), conforme (EMBRAPA, 2009).

### 4.2 Delineamento experimental e tratamentos

Em novembro de 2005, o experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com um clone de eucalipto *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em esquema fatorial 2 x 4 + 1 para a comparação de duas fontes de Ca e Mg, em quatro doses e uma testemunha (sem aplicação de corretivo), com cinco repetições. As parcelas constituíram-se de três linhas com dez plantas cada, com espaçamento de 2,80 m entre linhas e 3,20 m entre plantas, a área útil foi composta de 8 plantas da linha central, perfazendo uma área útil de 71,68 m<sup>2</sup>. A instalação do experimento foi realizada

após a análise do solo da área experimental (Tabela 1) e o cálculo da necessidade de Ca e Mg, baseado no uso de calcário, que foi de 1,5 t ha<sup>-1</sup>, segundo CFSMG (1999). Foram aplicadas doses crescentes (0,25, 0,50, 1 e 2 vezes a necessidade corretivo) de calcário dolomítico, correspondendo a 0,375, 0,75, 1,5 e 3 t ha<sup>-1</sup>. O agregado continha 36% de CaO, 9% de MgO e 23% de SiO<sub>2</sub>, enquanto o calcário apresentava 40% de CaO e 15,7% de MgO. Assim, para fornecer a mesma quantidade de cálcio, foi necessário utilizar as doses de agregado de 0,42, 0,84, 1,67 e 3,34 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2 e Figura 1).

TABELA 2 - Proporção e quantidades utilizadas das fontes de Cálcio, Magnésio e Silício

Proporção	Doses calcário dolomítico	Doses de agregado
		t ha <sup>-1</sup>
Testemunha		0
0,25	0,375	0,42
0,50	0,75	0,84
1	1,5	1,67
2	3	3,34

0,25 CR3	2 ASR 2	0,50 ASR 4	0,50 CR3	2 CR 3	1 ASR 5	0,50 ASR 1	TR 5	2 CR 4
TR 1	1 ASR 4	2 AS R 5	0,25 ASR 3	TR 2	0,25 CR 2	2 CR 2	2 ASR 3	0,25 ASR 1
1 CR 4	2 CR 5	0,25 CR 4	1 CR 1	0,50 ASR 5	0,50 CR 4	1 ASR 2	0,50 CR 2	0,50 CR 5
2 AS R 1	0,25 ASR 5	1 CR3	0,50 ASR 2	2 CR 5	1 ASR 3	0,25 ASR 2	2 ASR 4	TR 4
0,5 CR 1	TR 3	1 ASR 1	2 CR 1	0,25 ASR 4	0,25 CR 5	1 CR 2	0,25 CR 1	0,50 ASR 3

T – testemunha  
 C – Calcário  
 AS – Agregado siderúrgico  
 R - Repetição

FIGURA 1 – Croqui do experimento do efeito residual do agregado siderúrgico e calcário na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2005.

### 4.3 Instalação do experimento

No talhão escolhido para a implantação do experimento, foi realizado o corte do Pinus e, em seguida, subsolagem para revolvimento e descompactação do solo. Os restos de matéria orgânica deixados pelo corte foram revolvidos junto com o solo.

O plantio foi feito manualmente após a subsolagem, no dia 30/11/2005, utilizando-se o clone *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, de numeração 3334, com espaçamento de 2,80 m entre linhas e 3,20 entre plantas e os tratamentos foram adicionados a lanço sobre o solo uma semana após o plantio, para se preservar a estrutura do solo.

Tratos culturais e silviculturais rotineiros, como controle de plantas daninhas, formigas e pragas, bem como as rotinas de fertilização foram realizados pela empresa, de maneira semelhante às demais áreas comerciais durante o período experimental.

### 4.4 Análises Silviculturais

O efeito silvicultural dos produtos aplicados no desenvolvimento do eucalipto foi determinado aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses após o plantio, pela medição do diâmetro à altura do peito (DAP), com o auxílio de uma suta florestal. A área da secção de um plano, cortando o tronco da árvore à altura do DAP é definida como a área seccional (FINGER, 1992). Estimou-se a área seccional de cada árvore dentro da área útil, pela seguinte fórmula:

Equação 3

$$AS = \frac{\pi D^2}{4} (\text{cm}^2)$$

Onde: AS = Área seccional

D = Diâmetro à altura do peito (DAP)

$\pi \approx 3,1415926535\dots$

O somatório das áreas de secção transversal de todas as árvores da unidade de área (hectare) é definido como área basal (AB) e esta é uma medida de densidade da floresta e é diretamente relacionada com o volume por hectare (FINGER, 1992). A partir da área seccional, estimou-se a área basal utilizando a seguinte fórmula:

Equação 4

$$AB = \Sigma AS \text{ (cm}^2\text{)}$$

Onde: AB = Área basal

AS = Área seccional

Com a estimativa da área basal, foi realizado o cálculo do diâmetro médio de cada parcela (Equação 5). O diâmetro médio refere-se ao diâmetro correspondente ao da área transversal média do povoamento.

Equação 5

$$q = \sqrt{\frac{AB \cdot 4}{\pi \cdot n}} \text{ (cm}^2\text{)}$$

Onde: q = diâmetro médio

AB = Área basal

$\pi \approx 3,1415926535\dots$

n = número de árvores

Calculou-se o incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) utilizando os valores de área basal estimados (Equações 6 e 7):

Equação 6

$$ICA = AB_{(m)} - AB_{(m-1)}$$

onde: m = ano ou idade de referência;

Equação 7

$$IMA = \frac{AB_{(m)}}{m}$$

onde: m = idade.



#### **4.5 Análises em Laboratório**

Em julho de 2010, foi realizada a amostragem do solo, coletando-se 3 sub-amostras na fileira central de cada parcela para compor a amostra composta, de 0-20 cm de profundidade, a fim de se determinarem os teores de Ca, Mg, Si e pH do solo. As análises de silício foram feitas de acordo com os métodos de extração em cloreto de cálcio  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , descritos por Korndörfer et al. (2004), e as de cálcio, magnésio e pH, segundo Embrapa (2009).

#### **4.6 Análise Estatística**

As variáveis analisadas foram submetidas ao teste de F, a 5% de probabilidade, e regressão em função das proporções de corretivos, com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Realizaram-se os testes de pressuposições do modelo: homogeneidade das variâncias (teste de Levene, a 0,05 de significância), normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk, a 0,05 de significância). Em seguida, realizaram-se os testes de Tukey e Dunnet, a 0,05 de significância, para variável fonte por meio do software Assistat versão 7.5 beta (2008), desenvolvido por Silva e Azevedo (2009), e a análise de regressão para a variável dose por meio do software Sisvar versão 4.0, desenvolvido por Ferreira (2000).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final de quatro anos e oito meses de cultivo, os resultados demonstraram que a aplicação de corretivos não afetaram o pH do solo, independente da dose utilizada, sendo que o pH do solo variou de 4,25 a 4,49 (Tabelas 3 e 4). Na primeira avaliação realizada neste experimento, em setembro de 2006 por Campos (2007), também não houve diferença entre as fontes de Ca e Mg aplicadas no solo, sendo que houve uma variação de 5,21 a 6,3. Essa variação maior na primeira avaliação se deve ao fato do potencial hidrogeniônico gerado na reação do silicato no solo, como também das hidroxilas liberadas na reação do calcário que, além de elevar o pH do solo, neutraliza a acidez presente neste. Convém destacar que o pH do solo, aos quatro anos e oito meses de avaliação foi menor que o da primeira avaliação devido à acidificação do solo durante a absorção de nutrientes e ao fato de não ter sido realizada outra correção da necessidade de Ca e Mg ao longo deste período.

TABELA 3 - Análise de variância do pH no solo em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, aos quatro anos e oito meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fonte de variação	Gl	QM	F
Fontes	1	0,05929	1,3901 ns
Doses	3	0,11924	2,7956 ns
Fontes * doses	3	0,0322	0,7549 ns
Dunnett	1	0,00289	0,0678 ns
Resíduo	36,00	0,04265	

\*  $W_c = 0,984$  (0,791);  $F = 2,107$  (0,061)

\* W; F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente: probabilidades entre parênteses maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas.

Leite (2008), avaliando a aplicação de  $2400 \text{ kg ha}^{-1}$  de escória + NPK, com a testemunha absoluta (sem escória e sem adubo químico), com a adubação química e com calcário + NPK em dois tipos de solo (Latosolo Vermelho - LV com textura argilosa e um Neossolo Quartzarênico – NQ com textura arenosa), observou que, após seis meses de plantio do eucalipto em experimento em tambores de 60 litros, em Botucatu, SP, o pH do solo foi semelhante para o LV com variação de 3,9 a 4,0 e, para o NQ, os tratamentos NPK + calcário e NPK + escória foram estatisticamente superiores à testemunha.

TABELA 4 - Médias de pH no solo em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura de eucalipto, aos quatro anos e oito meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fontes	Proporções				Médias
	0,25	0,50	1,00	2,00	
Calcário	4,2500	4,4360	4,5740	4,5400	4,4500 A
Agregado siderúrgico	4,2480	4,4780	4,3960	4,3700	4,3730 A
Médias	4,2490 a	4,4570 a	4,4850 a	4,4550 a	

DMS<sub>1</sub> = 0,13254 DMS<sub>2</sub> = 0,24861

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

O teor de cálcio no solo, após quatro anos e oito meses cultivo, variou de acordo com as aplicações de fontes e doses de corretivo (Tabela 5). Com exceção da proporção de 1, as demais proporções não apresentaram diferença quanto à fonte utilizada, sendo que o teor de Ca no solo variou de 0,04 a 0,18 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Nesta proporção, a fonte que proporcionou maior quantidade de Ca no solo foi o calcário, com 0,2460 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tabela 6). Campos (2007), ao realizar a primeira avaliação neste experimento em 2006, também encontrou diferença nos teores de Ca, sendo a variação de 0,18 a 2,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Os menores teores encontrados para as duas fontes de Ca e Mg, nesta avaliação, podem ser explicados pela absorção de nutrientes pelas plantas durante esse período ou eventuais perdas por lixiviação.

TABELA 5 - Análise de variância do teor de Ca no solo, em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções de corretivos de solo, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fonte de variação	Gl	QM	F
Fontes	1	0,00759	7,7088 *
Doses	3	0,00468	4,7567 *
Fontes * doses	3	0,00623	6,3271 *
Dunnnett	1	0,00036	0,3707 ns
Resíduo	36,00	0,00098	

\* W<sub>c</sub> = 0,841 (0,000); F = 5,250 (0,000)

Transformação:  $\sqrt{x+1}$

\* W; F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente: probabilidades entre parênteses maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas.

TABELA 6 - Médias dos teores de Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo, em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções de corretivos de solo, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fontes	Proporções				Médias
	0,25	0,50	1,00	2,00	
Calcário	0,0860 a	0,0900 a	0,2460 a	0,1220 a	0,1360
Agregado siderúrgico	0,0460 a	0,0420 a	0,0400 b	0,1800 a	0,0770
Médias	0,0660	0,0660	0,1430	0,1510	

DMS = 0,0403

Transformação:  $\sqrt{x+1}$

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

Para as duas fontes de corretivo, houve resposta das proporções utilizadas (Figura 2). O coeficiente de determinação indica que 58,73% da variação do teor de Ca no solo é função das doses de calcário. À medida que se aumenta a proporção de calcário, há um aumento no teor de Ca no solo, com máximo, em média, de 0,1976  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na proporção de 1,1949. A partir desta proporção o teor de Ca tende a diminuir. À medida que as proporções de agregado aumentam, há uma diminuição no teor de Ca no solo. Esta redução atinge um valor mínimo, em média, com 1,41 de proporção, onde se estima um teor de Ca de 0,0321  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no solo. Proporções acima de 1,41 tendem a aumentar o teor de Ca no solo. O coeficiente de determinação indica que 93,88% da variação do teor de Ca no solo é função das doses de agregado. De acordo com Nolla (2013, informação pessoal), os silicatos têm menor área específica e maior reatividade com o solo, até mesmo em maior profundidade que o calcário, justificando os menores valores encontrados após quatro anos e oito meses da aplicação.

Leite (2008), ao avaliar o teor de cálcio, após seis meses de plantio do eucalipto em experimento em tambores de 60 litros, com Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em Botucatu, SP, não encontrou diferença significativa para o teor de cálcio no solo entre os tratamentos (NPK, escória +NPK e calcário + NPK), sendo que, para o LV, a variação no teor de Ca foi de 0,2 a 0,4  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

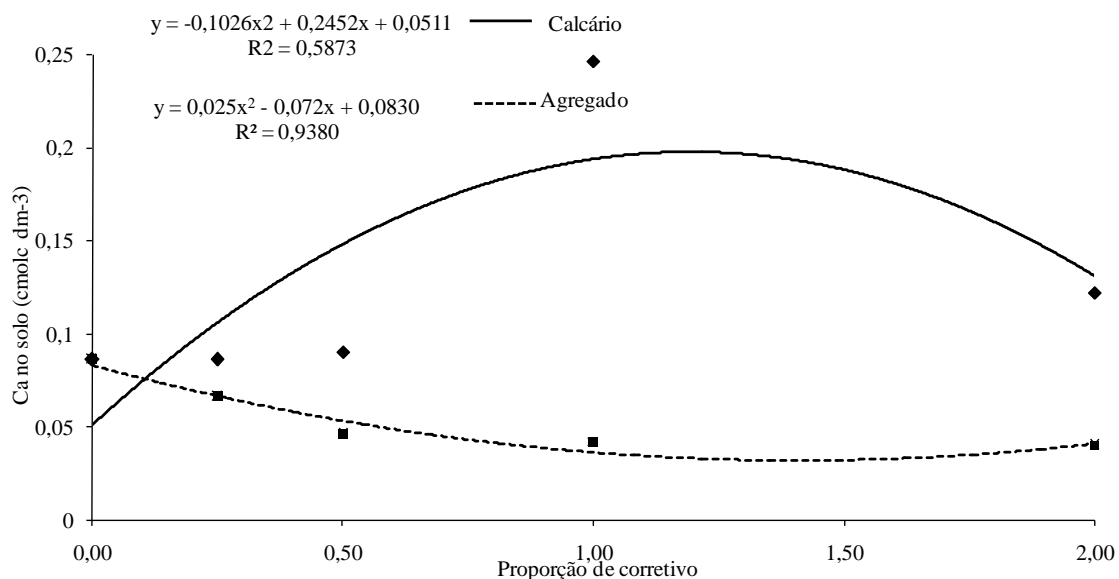


FIGURA 2. Efeito das fontes de Ca e Mg no teor de cálcio (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) no solo, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

As fontes e proporções de Ca e Mg utilizadas influenciaram na quantidade de Mg no solo (Tabela 7). A quantidade de Mg no solo na proporção de 1 foi maior quando foi utilizado agregado, já na proporção de 2 o calcário proporcionou maiores valores no solo. Nas demais proporções não houve diferença quanto à fonte utilizada (Tabela 8). Em 2006, Campos (2007), na primeira avaliação deste experimento, encontrou diferença entre as fontes na proporção de 2, quando a quantidade de Mg foi maior no agregado.

TABELA 7 – Análise de variância do teor de Mg no solo (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), em diferentes fontes de Ca e Mg e proporções, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fonte de variação	Gl	QM	F
Fontes	1	0,00036	1,1300 ns
Doses	3	0,00188	5,9139 *
Fontes * doses	3	0,00195	6,1233 *
Dunnnett	1	0,00107	3,3608 ns
Resíduo	36,00	0,01144	

\* Wc= 0,881 (0,000); F= 5,792 (0,000)

Transformação:  $\sqrt{x+1}$

\* W; F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente: probabilidades entre parênteses maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas.

TABELA 8 – Médias dos teores de Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo, em diferentes fontes e proporções de corretivo, na cultura de eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Proporções	Proporções				Médias
	0,25	0,50	1,00	2,00	
Calcário	0,0420 a	0,1280 a	0,0540 a	0,0260 b	0,0625
Agregado siderúrgico	0,0320 a	0,0440 a	0,1140 b	0,0280 a	0,0545
Médias	0,0370	0,0860	0,0840	0,0270	

DMS = 0,0229

Transformação:  $\sqrt{x+1}$

Para as duas fontes de corretivo, houve resposta das proporções utilizadas, com coeficiente de determinação igual a 37,96% e 57,87%, para calcário e agregado, respectivamente. À medida que se aumentam as proporções de corretivos, há um aumento no teor de Mg no solo, sendo que esse teor atinge um valor máximo, em média, com a proporção de 0,8714 de calcário e 1,0480 de agregado, onde há um teor desse nutriente de 0,0833 e 0,0875  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente (Figura 3). Leles et al. (2009) encontraram resposta quadrática com relação ao teor de magnésio no solo três meses após o plantio de mudas de eucalipto em tambores plásticos de 60 litros, em dois solos (Latosolo Vermelho Distrófico e Neossolo Quartzarênico), comparando doses crescentes de escória (0, 300, 600, 1200 e 2400  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

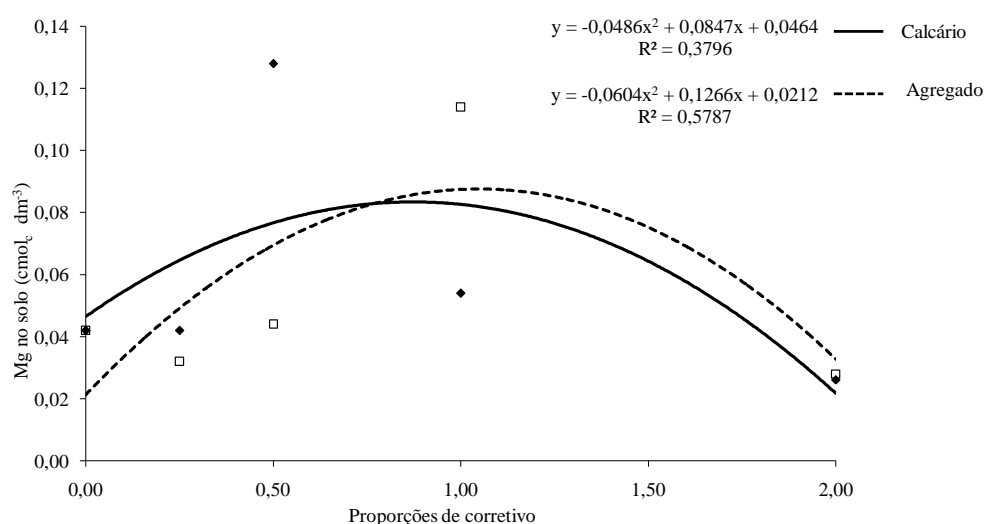


FIGURA 3. Efeito das fontes de Ca e Mg no teor de magnésio ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Os teores de Silício no solo não variaram de acordo com a aplicação das fontes de Ca e Mg (Tabela 9). A aplicação das fontes de Ca e Mg influenciaram na quantidade de Si no solo, avaliado aos quatro anos e oito meses de idade da cultura do eucalipto. Ao analisar a aplicação do agregado siderúrgico, observa-se que, com exceção da proporção de 0,25, as demais proporções promoveram um acréscimo no teor de Si no solo. Já na aplicação de calcário, as proporções de 0,25 e 2,0 foram as que proporcionaram maiores teores do elemento (Tabela 10).

Considerando o teor inicial de Si no solo (Tabela 1), observa-se que houve um aumento no teor deste nutriente no solo, passando de 3,9 mg kg<sup>-1</sup>, em novembro 2005, para teores que variaram em todas as parcelas, de 8,60 a 11,86 mg kg<sup>-1</sup>, em julho de 2010 (Tabela 10). Como pode ser observado, houve um aumento no teor desse nutriente em todos os tratamentos na avaliação aos quatro anos e oito meses de cultivo do eucalipto, no caso dos tratamentos onde se aplicou o agregado siderúrgico. Isto pode ser explicado pelo fato desta fonte fornecer Si. Em contraste, para a testemunha e para os tratamentos onde se aplicou o calcário, devido ao tamanho reduzido das parcelas, e ao crescimento do eucalipto, as raízes das plantas buscaram o silício em parcelas onde o agregado foi aplicado, redistribuindo-o pela ciclagem de nutrientes.

Carvalho et al. (2010), ao estudarem a aplicação de duas fontes de corretivo e a testemunha, em um Latossolo Vermelho distroférrico, em Botucatu, SP, concluíram que o calcário elevou o teor de Si quando comparado à testemunha, porém o silicato foi o que teve maior incremento no teor deste nutriente.

TABELA 9 – Análise de variância do teor de Si no solo (mg kg<sup>-1</sup>), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fonte de variação	Gl	QM	F
Fontes	1	1,64025	0,8138 ns
Doses	3	0,21492	0,1066 ns
Fontes * doses	3	1,24092	0,6157 ns
Dunnnett	1	24,07669	11,9454 *
Resíduo	36,00	75,5600	

\* Wc= 0,968 (0,238); F= 1,105 (0,383)

\* W; F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente: probabilidades entre parênteses maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas.

TABELA 10 – Médias do teor de Si no solo (mg kg<sup>-1</sup>), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Tratamentos	Si
Testemunha	8,60
Calcário 0,25	11,06 *
Calcário 0,50	10,58 ns
Calcário 1,0	10,94 ns
Calcário 2,0	11,10 *
Agregado siderúrgico 0,25	10,40 ns
Agregado siderúrgico 0,50	11,06 *
Agregado siderúrgico 1,0	11,50 *
Agregado siderúrgico 2,0	11,86 *

\*, ns: Dunnett 5%

\*significativo e ns não significativo pelo teste de Dunnett a, 0,05 de significância;

O diâmetro médio das árvores não variou em função as fontes de Ca e Mg do solo e a aplicação de corretivo não influenciou no diâmetro médio nas avaliações realizadas após quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade (Tabela 11). Os diâmetros médios do eucalipto avaliados em julho de 2010 e fevereiro de 2010 estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 11 – Análise de variância do diâmetro médio, em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, avaliado aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fonte de variação	Gl	QM	F
Quatro anos e oito meses de idade			
Fontes	1	0,44972	0,1885 ns
Doses	3	4,93659	2,0692 ns
Fontes * doses	3	2,16459	0,9073 ns
Dunnett	1	1,93288	0,8102 ns
Resíduo	36,00	2,38579	

\* Wc= 0,953 (0,067); F= 1,427 (0,219)

Fonte de variação	Gl	QM	F
Cinco anos e dois meses de idade			
Fontes	1	0,1052	1,4015 ns
Doses	3	0,15032	2,0026 ns
Fontes * doses	3	0,12022	1,6015 ns
Dunnett	1	0,17396	2,3175 ns
Resíduo	36,00	0,07506	

\* Wc= 0,967 (0,232); F= 2,453 (0,031)

Transformação:  $\sqrt{x+1}$

\* W; F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente: probabilidades entre parênteses maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas.



TABELA 12 – Diâmetros médios (cm) em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura de eucalipto, avaliados aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Proporções					
Quatro anos e oito meses de idade					
Fontes	0,25	0,50	1,00	2,00	Médias
	14,656				
Calcário	0	15,0780	14,2400	16,1380	15,02800 A
	13,27				
Agregado	01	14,5200	15,0456	15,5040	14,58494 A
Médias	13,9630 a	14,7990 a	14,6428 a	15,8210 a	

DMS<sub>1</sub>= 0,95534 DMS<sub>2</sub>= 1,79199

Proporções					
Cinco anos e dois meses de idade					
Fontes	0,25	0,50	1,00	2,00	Médias
Calcário	14,7404	15,3957	14,7709	16,7588	15,4165 a
Agregado	14,7015	18,6356	15,9290	15,7877	16,2635 a
Médias	14,7210 a	17,0157 a	15,3500 a	16,2733 a	

DMS<sub>1</sub> = 0,17583; DMS<sub>2</sub> = 0,32981

Transformação:  $\sqrt{x+1}$

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

Leite (2008), em seu trabalho, também avaliou o diâmetro das plantas de eucalipto e, nas cinco primeiras medições (18, 49, 80, 107 e 140 dias após o plantio), não encontrou diferença para essa medida entre os tratamentos para os dois tipos de solo (NQ e LV). Já na sexta medição de diâmetro (171 dias após o plantio), houve diferença significativa, sendo o diâmetro superior no NQ. Aquela autora notou que, em todas as medições, quando se comparou a influência dos tratamentos no crescimento das mudas, apenas a testemunha foi inferior aos demais tratamentos. Em contraste, no presente trabalho, devido ao tempo decorrido entre o tratamento e as avaliações, é possível que o silício tenha sido redistribuído pela ciclagem de nutrientes ou pela área explorada pelo sistema radicular, mascarando o efeito esperado pela aplicação das fontes de corretivo.

As fontes de Ca e Mg utilizadas não influenciaram na área basal. Além disso, ao analisar a área basal, após quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, não há diferença entre a testemunha e as doses e fontes de Ca e Mg utilizadas (Tabela 13). Os resultados obtidos referentes à área basal podem ser observados na Tabela 14.

Esta variável é importante por ser uma medida de densidade da floresta e é diretamente relacionada com o volume por hectare (FINGER, 1992).

TABELA 13 – Análise de variância da área basal ( $m^2 ha^{-1}$ ), em diferentes proporções e fontes de Ca e Mg, na cultura do eucalipto, avaliada aos quatro anos e oito meses e cinco anos e dois meses de idade, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

Fonte de variação	Gl	QM	F
Quatro anos e oito meses de idade			
Fontes	1	0,13836	0,0080 ns
Doses	3	15,54079	0,8949 ns
Fontes * doses	3	11,85708	0,6828 ns
Dunnett	1	26,2442	1,5112 ns
Resíduo	36,00	13,57202	
* $W_c=0,962 (0,151)$ ; $F= 1,659 (0,143)$			
Fonte de variação	Gl	QM	F
Cinco anos e dois meses de idade			
Fontes	1	0,12359	0,0093 ns
Doses	3	28,71346	1,4510 ns
Fontes * doses	3	12,35031	0,6241 ns
Dunnett	1	50,33103	2,5434 ns
Resíduo	36,00	19,78872	

\*  $W_c=0,959 (0,112)$ ;  $F= 1,288 (0,280)$

\* W; F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente: probabilidades entre parênteses maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas.

O incremento médio anual, aos cinco anos e dois meses de idade, foi menor que aos quatro e oito meses, para as duas fontes de Ca e Mg e todas as doses utilizadas, indicando que há competição intraespecífica. Também, observa-se que o incremento corrente anual (ICA) é menor que o incremento médio anual aos cinco anos e dois meses de idade, na cultura do eucalipto (Figura 4), indicando que o povoamento florestal já atingiu a máxima ocupação do solo e que a colheita deve ser feita.

A aplicação de fontes de Ca e Mg na cultura do eucalipto proporcionaram maior incremento médio anual (IMA) nos dois períodos de avaliação. Convém destacar que os maiores IMAs foram encontrados com a aplicação de agregado siderúrgico, sendo em média um aumento de  $1,51 m^2 ha^{-1}$  aos quatro anos e oito meses de avaliação, e  $1,27 m^2 ha^{-1}$  aos cinco anos e dois meses, sendo que as médias para o calcário foram de  $1,34$  e  $1,18 m^2 ha^{-1}$  nos dois períodos de avaliação.

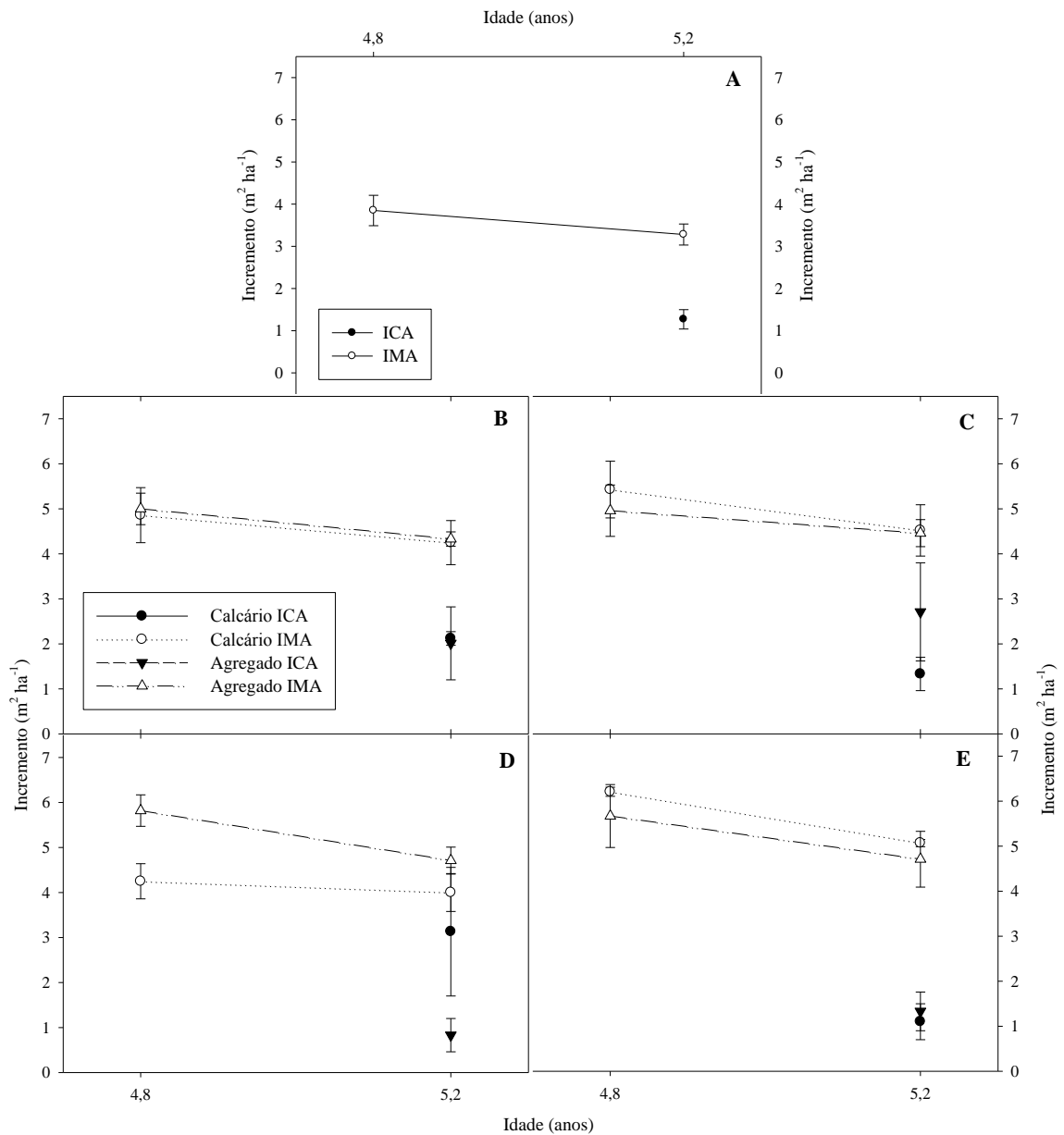


FIGURA 4. Curvas dos incrementos médio e corrente anual, sem a aplicação de corretivos (A), e com a aplicação de calcário ou agregado siderúrgico na proporção de 0,25 (B), 0,5 (C), 1 (D) e 2 (E) vezes a dose recomendada para a cultura do eucalipto, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia – MG, julho de 2010

## 6 CONCLUSÕES

- ✓ O pH do solo não foi influenciado pelas fontes e doses de corretivo aos quatro anos e oito meses após o plantio do eucalipto.
- ✓ O teor de cálcio está relacionado à fonte e dose de corretivo utilizada.
- ✓ O teor de magnésio no solo depende da fonte e dose de corretivo utilizada.
- ✓ A aplicação de corretivo aumentou na quantidade de Si, porém não houve diferença entre as fontes utilizadas aos quatro anos e oito meses após o plantio do eucalipto.
- ✓ O diâmetro médio e a área basal não variaram entre as fontes de corretivo do solo aos quatro anos e oito meses de idade, sendo que esse resultado ainda permaneceu na avaliação realizada aos cinco anos e dois meses de idade.
- ✓ A aplicação de corretivos na cultura do eucalipto proporcionou maior IMA aos quatro anos e oito meses de idade e esta diferença permaneceu aos cinco anos e dois meses de idade.
- ✓ O ICA é menor que o IMA aos cinco anos e dois meses de idade na cultura do eucalipto, indicando que a colheita deve ser realizada.
- ✓ O agregado siderúrgico pode ser uma alternativa para suprir a necessidade de Ca e Mg na cultura do eucalipto e fornecer Si.

## REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A. M. A.; SOARES, C. R. F. S.; OSWALDO, J. S. Silicato de cálcio como amenizante da toxidez de metais pesados em mudas de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v.44, n.2, p. 180-188. 2009.

ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A. S.; ALVARES V., V.H. (ed). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações. São Paulo: ANDA, 1992. 26 p. (Boletim Técnico 6).

ALFENAS A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF 2012 – Ano-Base 2011. Brasília, 2012. 150p. Disponível em: < [www.abraflor.org.br/estatisticas.asp](http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp)>. Acesso em: 10 jul. 2012.

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

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Mineral fertilizer recommendations for eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Forest Nutrition and fertilization**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 269-284.

BUCK, G. B. **Silicato de potássio aplicado via foliar e a incidência da brusone em arroz**. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

CAMPOS, A. C. P. **Silicato e calcário no desenvolvimento inicial do eucalipto**. 2007. Dissertação (mestrado em agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia.

CARNEIRO, D. M. **Absorção e acúmulo de silício e seu efeito sobre o crescimento de espécies se *Eucalyptus***. 2006. 35f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2006.

CARVALHO, M. O., MENEGALE, M. L. C., CASTRO, G. S. A., COSTA, C. H. M., CRUSCIOL, C. A. C. Aplicação superficial de corretivos de acidez e influência na produtividade, produção de matéria seca e teores de macronutrientes, silício e cátions hidrossolúveis em milho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, V, 2010, Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, 2010, p. 334.

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; RESENDE, Á. V. de. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em Latossolo e Cambissolo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.3, páginas...2003.

COELHO, L.; SILVA, J. M. S. Eucalipto (*Eucalyptus* spp.). In: PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M.. (Org.). **101 Culturas** : manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007, p. 325-330.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5.aproximação. Viçosa-MG: 1999. 359p

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA – CIB. **Guia do eucalipto** : Oportunidades para um desenvolvimento sustentável. Disponível em: [http://www.cib.org.br/pdf/Guia\\_do\\_Eucalipto\\_junho\\_2008.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf). Acesso em: 20 jul. 2010.

DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; ZINDER, G.H.; MARTÍN, F. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic Histosols. **Crop Science**, Madison, v.34, n.3, p.733-737, 1994.

DUARTE, I. N. **Absorção de silício por um clone de Eucalyptus cultivado em hidroponia**. 2009. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivo do Eucalipto. In: **Sistemas de Produção**, 4 – 2. Ed. 2010. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto\\_2ed/Fundamentos\\_Cal.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto_2ed/Fundamentos_Cal.htm)> Acesso em 2 ago 2011.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v.91, n. 1, p.11-17, 1994.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema SISVAR para análises estatísticas**. Lavras: UFLA/DEX, 2000. 66p.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. **Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil**.. Mogi-Guaçu: International Paper, 2002. 104 p.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, 1992. 269 p.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e espécies típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba. v. 15 p. 1 –23. 1995. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap15.pdf>> Acesso em: 2 ago 2010.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H.S.; NOLLA, A. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: UFU, 2004. 50 p. (Boletim técnico, v.2).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU, 2002. 15p. (Boletim Técnico, 1).

KLUGER, P. von Utilização de escória de aciaria LD para agricultura - uma visão geral. In: Seminário Nacional de aproveitamento de descartes de resíduos da indústria, 1. **Anais**: Salvador. 1989.

LEITE, R. M. **Efeito da escória de siderurgia na nutrição e desenvolvimento inicial de eucalipto**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

LÉLES, E. P., LEITE, R. M., GUERRINI, I. A, FERNANDES, D. M., PIAU, W. C. Calcário e escória de aciaria na produção de massa seca de eucalipto, crescimento inicial, em Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza, **Anais...**, Fortaleza: UFC, 2009. CD-ROM.

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. (ed). **Silicon in Agriculture**. Elsevier Science: Amsterdam. 2001. p. 17 – 39.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Londres: Academic Press, 1995. 889 p.

MATICHENKOV, V.V.; CALVERT, D.V. Silicon as a beneficial element for sugarcane. **Journal American Society of Sugarcane Technologists**, Fort Pierce, v.22, p. 21-30, 2002.

MITANI, N.; MA, J.F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 414, p. 1255-1261. 2005

MOURA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 112 p. 2000.

NOLLA, A. Correção da acidez do solo com silicatos. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., 2004. **Palestras...** Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2004. CD-ROM.

POGETTO, M. H. F. A. D., WILCKEN, C. F., LIMA, A. C. V., CHRISTOVAM, R. S. Efeito da aplicação de agrosilício® em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* no desenvolvimento biológico de *Glycaspis brimblecombei* (Hemíptera: Psyllidae). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, IV, 2007, Botucatu, **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007, p. 123-126.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. **Uso de escória de siderurgia no Brasil**: estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 2001. 67 p.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.287-296, 2003.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Associação Brasileira Para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1991. 343p.

RAIJ, B. van; CAMARGO, O.A. Silica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v.32, n.11, p.223-236, 1973.

ROSA, J. A., SILVA, M. R. Eficiência de doses de silício na resistência ao oídio em jardim clonal de eucalipto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5, 2010, Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, 2010, p. 367.

SANTANA, D. L. Q., THOMAZ, D. T., RADOMSKI, M. I., DEDECEK, R. A., LINHAR, C. A., CAMARGO, J. M. M. Efeito da aplicação de silício na melhoria da tolerância do *Eucalyptus grandis* à ação da geada e ataque de insetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu, **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007, p. 123-126

SCARPINELLA, G. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. 2002. 182 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SILVA, F. A. S., AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto**: circular técnica. IPEF, n. 200, p. 01-13, dezembro-2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr200.pdf>>. Acesso: 10 jul. 2012.

TAKAHASHI, E.; MA, J.F.; MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Comments Agriculture and Food Chemistry**, Tóquio, v.2, p.99-122, 1990.

TISDALE, S.L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers: Micronutrientes and Other Beneficial Elements in Soil and Fertilizers**. 4.. ed.. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1985. 754 p.

VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDEZ, L.A.; RESENDE, A.V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 609-616, 1996.