

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA NA NUTRIÇÃO E  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO**

**REGINA MARQUES LEITE**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Junho/2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA NA NUTRIÇÃO E  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO**

**REGINA MARQUES LEITE**

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Co-Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Junho/2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L533a Leite, Regina Marques, 1981-  
Efeito da escória de siderurgia na nutrição e desenvolvimento inicial de eucalipto / Regina Marques Leite. - Botucatu : [s.n.], 2008.  
xiv, 103 f. : il., gráfs., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2008  
Orientador: Iraê Amaral Guerrini  
Co-orientador: Dirceu Maximino Fernandes  
Inclui bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Escória. 3. Silicatos. 4. Silício.  
5. Plantas - Nutrição. I. Guerrini, Iraê Amaral. II. Fernandes, Dirceu Maximino. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**


**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: "EFEITO DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA NA NUTRIÇÃO E NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO"

ALUNA: REGINA MARQUES LEITE


ORIENTADOR: PROF. DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI

Aprovado pela Comissão Examinadora



---

PROF. DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI



---

PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS



---

PROF. DR. LÍSIAS COELHO

Data da Realização: 18 de junho de 2008.

## AGRADECIMENTOS

Eu poderia começar de diversas formas... Mas gratidão não se expressa apenas através de palavras, se retribui com Ações. Mas dada esta oportunidade, devo agradecer não somente pela realização deste trabalho, mas pela minha Vida toda... Agradeço à minha Família: Regina Célia, João Batista, Márcia e Sílvia Marques Leite... Pelos Bons Exemplos de Conduta, de Honestidade, Integridade, Determinação, Amizade, Paciência, Respeito e pelo Amor...

Agradeço à meus avós: Antonio dos Santos e Aparecida (*in memoriam*) e Antônia e Itagiba.

Ao Sr. Wilson Caixeta Piau e sua Família, que acreditaram e forneceram totais condições e apoio para realização deste trabalho.

Ao professor Iraê Amaral Guerrini, pela Paciência e Compreensão.

Aos professores Dirceu Maximino Fernandes, Roberto Lyra Villas Boas, Miriam Foresti, Alexandre Costa Crusciol, Ana Paula Crusciol e Lísias Coelho.

Aos funcionários da Silifértil Ambiental Ltda., que me receberam e me ajudaram no período que com eles convivi.

À Eucatex que forneceu as mudas utilizadas.

Aos funcionários do “Departamento de Solos” da FCA, em especial ao Jair, Noel, Sílvia, Selma, Adilson, Adenir, De Pieri, Fátima e Roberto.

À Hosana, Eleni e Lilian do Serviço Técnico de Informática e ao Dorival do Departamento de Agricultura.

Às funcionárias da Pós Graduação... Pela Paciência e Atenção!

À todos os funcionários da Biblioteca, em especial à Denise, Luiz, Ermeto, Joel, Inês e Ana.

Agradeço à todos que contribuíram de alguma forma: à todos os funcionários da FCA, desde o pessoal da limpeza, que muitas vezes nem os vemos, mas tornam nosso ambiente de trabalho limpo e organizado; o pessoal da manutenção, que sempre nos socorre quando precisamos; o pessoal do transporte... cada um cumprindo sua função, muitas vezes anônimos, mas de extrema importância, pois um só existe porque existe o outro... Ou seja, todos são importantes!

Aos amigos que foram importantes e colaboraram de alguma forma nesta etapa: Francely Ap. Moreno de Tillio, Erica Araújo, Julia Sonsin Oliveira, Glaucia Uesugi, Selma Lopes Goulart, Núria R. G. Quintana, Thalita F. Sampaio, Julio Bogiani, Priscila Karin, Miguel Penteadó, Eliana Peresi, Juliana de Fazio, Erica Pontes Leles, Thaís Regina Souza, Fábio Kagi, André, Patrícia e Yoshico T. Capucho.

Ao Dr. Celso Charuri, fundador e idealizador da Pró≡Vida.

E é claro, não poderia esquecer vocês, Queridos Amigos... Não me refiro à coleguismo ou companheirismo, sujeitos à circunstâncias, mas sim aos Verdadeiros Amigos, jóias raras e preciosas no mundo de hoje! Sábios conselheiros... Nas horas alegres e nas horas tristes... Quantas situações eu poderia escrever aqui... Acredito que Amizade se conquista e se cultiva e os Princípios que nos unem, fazem com que nos reconheçamos... Se você que está lendo, entende o que estou falando, agradeço também à você e dessa forma, não preciso dizer mais nada, e mesmo assim, terei lembrado e citado todos aqui, pois saibam, estão em meu Coração!

À Jesus Cristo, pela Coragem e Amor de vir aqui e mostrar o Caminho.

À Deus... por todas as oportunidades, pela Vida!

*“No princípio era o Verbo, e o Verbo estava junto de Deus e o Verbo era Deus. Ele estava no princípio junto de Deus. Tudo foi feito por ele, e sem ele nada foi feito. Nele havia vida, e a vida era a luz dos homens. A luz resplandece nas trevas, e as trevas não a compreenderam”. João 1.*

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABELAS .....	IX
1 RESUMO .....	1
2 SUMMARY .....	3
3 INTRODUÇÃO .....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
4.1 Setor florestal brasileiro .....	7
4.2 O Gênero Eucalyptus spp. ....	8
4.3 Escória de siderurgia .....	9
4.4 Silício .....	10
4.5 Silício no solo .....	10
4.6 Silício nas plantas .....	11
4.7 Efeito corretivo dos silicatos de cálcio e magnésio .....	13
4.8 Efeito do silicato em eucalipto .....	14
4.9 Recomendações para eucalipto .....	15
5 MATERIAL E MÉTODOS	
5.1 Localização do Experimento .....	17
5.2 Características do clima .....	18
5.3 Caracterização do solo .....	19
5.4 Instalação do experimento .....	20
5.5 Características da espécie .....	20
5.6 Caracterização da escória de siderurgia .....	22
5.7 Definição dos tratamentos e delineamento experimental .....	23
5.8 Extratores utilizados para quantificação do silício no solo e na planta .....	24
5.9 Análise estatística .....	24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	
6.1 Experimento 1 – Efeito das concentrações crescentes de escória	
6.1.1 Atributos químicos do solo .....	26



6.1.2 Crescimento das plantas	
6.1.2.1 Produção de massa de folhas, área foliar e teor de clorofila .....	33
6.1.2.2 Produção de massa de galhos .....	34
6.1.2.3 Produção de massa de tronco .....	36
6.1.2.4 Produção de massa de raízes .....	37
6.1.2.5 Produção de massa seca total de plantas .....	38
6.1.3 Crescimento em altura e diâmetro .....	39
6.1.4 Nutrição mineral das plantas	
6.1.4.1 Nutrientes nas folhas .....	41
6.1.4.2 Nutrientes nos galhos .....	47
6.1.4.3 Nutrientes no tronco .....	52
6.1.4.4 Nutrientes nas raízes .....	56
6.1.5 Silício no solo e na planta .....	60
6.2 EXPERIMENTO 2 – Comparação da escória com calcário	
6.2.1 Atributos químicos do solo .....	63
6.2.2 Efeito no Crescimento das plantas	
6.2.2.1 Produção de massa de folhas, área foliar e teor de clorofila .....	68
6.2.2.2 Produção de massa de galhos .....	70
6.2.2.3 Produção de massa de tronco .....	71
6.2.2.4 Produção de massa de raízes .....	72
6.2.2.5 Produção de massa seca total .....	72
6.2.3 Crescimento em altura e diâmetro .....	73
6.2.4 Efeitos na nutrição mineral das plantas	
6.2.4.1 Nutrientes nas folhas .....	75
6.2.4.2 Nutrientes nos galhos .....	79
6.2.4.3 Nutrientes no tronco .....	82
6.2.4.4 Nutrientes das raízes .....	86
6.2.5 Silício no solo e na planta .....	90
7 CONCLUSÕES .....	93
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
1	Vista do experimento instalado na área experimental .....	17
2	Temperaturas médias durante a condução e encerramento do experimento .....	18
3	Precipitação mensal durante condução do experimento .....	18
4	Vasos utilizados para condução do experimento .....	20
5	Processo de digestão do tecido vegetal para posterior determinação do teor de Silício .....	22
6	Valores médios de pH (a), acidez potencial (c), teor de Mg (d) e V% (f) de solo conduzido com eucalipto durante 3 meses em função de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para Matéria Orgânica (b) e CTC (e) em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ) em função da aplicação de doses crescentes de escória .....	30
7	Valores médios de teores de fósforo (a) e potássio (b) de solos conduzidos com eucalipto durante 6 meses em função de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores de ferro (c) e manganês (d) em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), conduzidos com eucalipto por 6 meses, em função da aplicação de doses crescentes de escória .....	32
8	Valores médios de área foliar (a), massa verde (b) e massa seca (c) de folhas de eucalipto com 6 meses de idade, em função da aplicação de doses crescentes de escória .....	34
9	Valores médios de massa seca de galhos de eucalipto com 6 meses de idade, em função da aplicação de doses crescentes de escória .....	36
10	Teores médios de cálcio (a) e magnésio (b) e acúmulos médios de nitrogênio (c), fósforo (d), potássio (e), cálcio (f) e magnésio (g), em folhas de eucalipto de 6 meses de idade, em função da aplicação de doses crescentes de escória .....	45
11	Teor médio de boro (a) e acúmulo médio de boro (d) em folhas de eucalipto de 6 meses de idade, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores de cobre (b) e manganês (c) e acúmulo de cobre (e) em Latossolo	

- Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), conduzidos com eucalipto por 6 meses, em função da aplicação de doses crescentes de escória ..... 46
- 12 Ajuste da regressão para teores e acúmulos de fósforo (a) e (d) e teores de cálcio (b) em galhos de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória; Acúmulo médio de cálcio em galhos de eucalipto de 6 meses de idade, submetidos à aplicação de doses de escória ..... 50
- 13 Teores médios de ferro (a), acúmulos médios de boro (d) e ferro (d) em galhos de eucalipto com 6 meses de idade, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores e acúmulos de cobre (“b” e “e” ) e teor de boro (c) em galhos de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória ..... 51
- 14 Ajuste da regressão para teores de fósforo (a), enxofre (b), manganês (c), cobre (d) e acúmulo de cobre (e) em troncos de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória ..... 55
- 15 Teor médio de cálcio (a); acúmulo médio de cálcio (b) e magnésio (c), em raízes de eucalipto com 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico, em função da aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores médios de ferro (d) e manganês (e) em raízes de eucalipto com 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória ..... 59
- 16 Teores médios de silício em solos (a) cultivados com eucalipto por 6 meses, conduzidos em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para porcentagem de silício em folhas (b) troncos (c) de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória ..... 62

## LISTA DE TABELAS

		<b>Página</b>
1	Características químicas das amostras de solo na profundidade 0-20 cm .....	19
2	Características químicas das amostras de solo na profundidade 0-20 cm .....	19
3	Características físicas das amostras de solo na profundidade 0-20 cm .....	19
4	Análise química do silicato granulado utilizado no experimento .....	22
5	Análise de variância do 1º Experimento (Regressão) .....	24
6	Análise de variância do 2º Experimento .....	25
7	Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) após 3 meses de plantio com eucalipto, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, Botucatu/SP (março/2007) .....	29
8	Resultados da análise química de LV e NQ conduzidos durante 6 meses com plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP (agosto/2007) .....	31
9	Resultados da análise química (micronutrientes) de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) após plantio de eucalipto durante 6 meses, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (agosto/2007) .....	32
10	Produção de massa verde, massa seca, área foliar e teor de clorofila de folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantado em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ) e submetido à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP .....	33
11	Massa dos galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), submetidos à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP .....	35
12	Massa dos troncos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), submetidos à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP (2007) .....	37

13	Massa das raízes (g) de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), submetidos à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP (2007) .....	38
14	Medições de altura (cm) de eucalipto conduzidos durante 6 meses em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), submetidos à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP (2007) .....	39
15	Medições de altura (cm) das plantas de eucalipto conduzidos durante 6 meses em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007) .....	40
16	Medições de diâmetro (mm) das plantas de eucalipto conduzidos durante 6 meses em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007) .....	40
17	Teor de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em LV e NQ, submetidos à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP .....	43
18	Acúmulo de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses de escória granulada, Botucatu/SP (2007) .....	44
19	Teor de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007).....	48
20	Acúmulo de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007).....	49
21	Teor de nutrientes em tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007) .....	53
22	Acúmulo de nutrientes em tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007) .....	54

23	Teor de nutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007) .....	57
24	Acúmulo (mg) de nutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007) .....	58
25	Teor de Silício em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à 6 meses de plantio com eucalipto, em função de aplicação de doses de escória, no município de Botucatu/SP (2007).....	60
26	Porcentagem de Silício em folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) conduzidos em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função da aplicação de escória, no município de Botucatu/SP (2007).....	61
27	Acúmulo (mg) de Silício em folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função da aplicação de doses de escória de siderurgia, no município de Botucatu/SP (2007) .....	61
28	Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) aos 3 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (março/2007) .....	65
29	Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) Latossolo Vermelho (LV) aos 3 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (março/2007).....	65
30	Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) aos 6 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (agosto/2007) .....	66
31	Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) aos 6 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (agosto /2007) .....	66
32	Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) conduzidos com eucalipto durante 6 meses, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (agosto /2007) .....	67

33	Produção de massa verde, massa seca, área foliar e teor de clorofila de folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	69
34	Massa dos galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) , em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	70
35	Massa dos troncos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	71
36	Massa (g) das raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	72
37	Massa seca (g) total plantas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	73
38	Altura das plantas (cm) de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	74
39	Diâmetro das plantas (mm) de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	74
40	Teor de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, Botucatu/SP (2007) .....	77
41	Acúmulo (g) de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, Botucatu/SP (2007).....	77
42	Teor de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	78

43	Acúmulo (mg) de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	78
44	Teor de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	80
45	Acúmulo (g) de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	80
46	Teor de micronutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	81
47	Acúmulo (mg) de micronutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	81
48	Teor de macronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	84
49	Acúmulo (g) de macronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	84
50	Teor de micronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	85
51	Acúmulo (mg) de micronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	85
52	Teor de macronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	88



53	Acúmulo (g) de macronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	88
54	Teor de micronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	89
55	Acúmulo (mg) de micronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	89
56	Teor de Silício em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à 6 meses de plantio com eucalipto, em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007).....	90
57	Porcentagem de Silício folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	92
58	Acúmulo (mg) de Silício folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007) .....	92

## 1 RESUMO

A escória de siderurgia é um dos resíduos gerados durante a produção de ferro-gusa. O Brasil é um dos maiores produtores de ferro-gusa e isso significa geração de aproximadamente dez milhões de toneladas por ano deste passivo ambiental. Entretanto, as escórias básicas de siderurgia podem ser usadas como corretivos de acidez do solo, fornecendo cálcio, magnésio e silício, sendo que o seu uso evita a extração de outros produtos da natureza, como o calcário, por exemplo.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a influência das escórias de siderurgia no crescimento e nutrição do eucalipto na sua fase inicial (6 meses pós plantio) e nos atributos químicos do solo. O experimento foi conduzido em Latossolo e Neossolo Quartzarênico e foi analisado de duas formas: 1ª) avaliação do efeito da aplicação de doses crescentes de escória (doses proporcionais a zero; 300; 600; 1200 e 2400 kg/ha); e 2ª) comparação do tratamento equivalente a 2400 kg/ha de escória com testemunha absoluta, adubação química (somente NPK) e calcário. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, com seis repetições.

Foram realizadas análises químicas de solo aos três e aos seis meses após o início da condução do experimento. Avaliou-se mensalmente a altura e o diâmetro das plantas e, ao encerramento, quantificou-se massa verde e massa seca de folhas, galhos, tronco e raízes, área foliar, teores de macro e micronutrientes e silício nas folhas, galhos, tronco e raízes. Os dados foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa SISVAR.

Os resultados indicaram que, após três meses, a aplicação de 2400 kg/ha de escória proporcionou aumento do pH e V% do solo e redução da acidez potencial em ambos os solos. Após seis meses do plantio, os valores de pH foram semelhantes quando se comparou a dose de 2400 kg/ha com o calcário. Aumentos nas doses de escória promoveram incrementos na produção de massa verde e seca de folhas, massa seca de galhos e área foliar; aumento no acúmulo foliar de N, P e B, aumento dos teores e acúmulos de P, Ca, B, Cu e Fe nos galhos; maiores teores de Ca e acúmulo de Ca e Mg nas raízes e aumento do teor de Si em ambos os solos. Apesar do eucalipto não ser considerado uma espécie acumuladora de Si, a aplicação de escória aumentou os teores desse elemento nas folhas e tronco.

Palavras-chaves: eucalipto; escória de siderurgia; silicato; silício; nutrientes.

## **EVALUATION OF BLAST FURNACE SLAG IN NUTRITION AND INITIAL DEVELOPMENT OF EUCALYPT**

Botucatu, 2008. 103 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Regina Marques Leite

Adviser: Iraê Amaral Guerrini

Co-Adviser: Dirceu Maximino Fernandes

### **2 SUMMARY**

Blast furnace slag is one of residues generated during cast-iron production. Brazil is one of the largest producers of cast-iron. This means the generation of approximately ten million tonnes per year of environmental liabilities. However, slag can be used as soil pH-correcting material supplying calcium, magnesium and silicon, and that its use prevents the extraction of other products of nature, such as limestone, for example.

The objectives of this study were to evaluate the influence of blast furnace slags on growth and nutrition of eucalyptus in its initial phase (6 months after planting) and chemical soil attributes. The experiment was conducted in Oxisol and a Typic Quartzipsamment and was analyzed in two ways: 1st) evaluation of the effect of application of increasing slag doses (rates proportional to zero, 300, 600; 1200 and 2400 kg / ha), and 2nd) comparison of a treatment equivalent to 2400 kg / ha of slag against an absolute control, chemical fertilization (NPK only) and limestone. The experimental design consisted of completely randomized blocks with six repetitions.

Soil chemical analyses were performed three and six months after installation of the experiment. It was evaluated monthly height and diameter of the plants and the closure, is quantified green and dry mass of leaves, branches, trunk and roots, leaf area; macronutrient, micronutrient, and silicon in the leaves, branches, trunk and roots . The data were analyzed statistically using the SISVAR software program.

The results indicated that, after three months, the application of 2400 kg / ha of slag increased soil pH and V%, and decreased potential acidity in both soils. Six

months after planting, pH values were similar when the 2,400 kg / ha dose was compared with the dose of limestone. Increased slag doses provided increased green and dry mass production of leaves, leaf area, and dry mass of branches, increased leaf accumulation of N, P and B, increases contents and accumulation of P, Ca, B, and Cu Fe in branches; higher Ca contents and Ca and Mg accumulation in roots; and increasing Si content in both soils. Although eucalyptus is not considered a Si-accumulating, the application of slag increased the content of that element in leaves and in the trunk.

---

Keywords: eucalypt, blast furnace slag, silicate, silicon; mineral nutrition

### 3 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro cresce e representa atualmente 3,5% na participação do PIB do Brasil. O eucalipto é uma espécie da família das Mirtáceas, originária da Austrália e introduzida em nosso país no início do século XIX. É de grande utilidade na indústria siderúrgica, na produção de papel e celulose, lenha, entre outros. Em plantios clonais, já se consegue rendimentos superiores a 50 m<sup>3</sup>/ha/ano.

Com uma produção anual de aproximadamente 34 milhões de toneladas de ferro-gusa, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais, o que corresponde à geração de 10 milhões de toneladas de escória por ano. Em média, a cada 1 tonelada de ferro-gusa, produz-se 300 kg de escória (66% de Alto Forno e 34% de Aciaria).

A escória é um dos resíduos da produção de ferro-gusa e aço. Pode ser usada na pavimentação de ruas, corrigir pH dos solos e fornecer cálcio, magnésio e silício às plantas. Deste modo, além de aumentar a produtividade das culturas, sua utilização evita que outros materiais sejam extraídos da natureza, como por exemplo, o calcário, minimizando assim, impactos de extração e de armazenamento de outras substâncias.

Depois do oxigênio, o silício é o elemento mais abundante na crosta terrestre, mas cultivos consecutivos podem reduzir o nível deste elemento no solo até um ponto em que a adubação com silício seja necessária para maiores produções. O silício tem sido utilizado como corretivo, fertilizante e inibidor do ataque de pragas e doenças em países como Estados Unidos, Rússia, Alemanha e Japão.

O Si pode ser encontrado naturalmente nos solos nas formas cristalina (quartzo e terra de diatomácea, por exemplo), amorfa (opala) e na forma solúvel (ácido silícico). Estudos mais aprofundados sobre este elemento para a área agrícola começaram no Japão, um dos maiores produtores de arroz, pois, apesar de não ser considerado um elemento essencial do ponto de vista fisiológico e metabólico para o desenvolvimento das plantas de arroz, sua absorção traz inúmeros benefícios. Mas as diferentes espécies vegetais variam grandemente em sua capacidade de absorver e acumular Si nos tecidos.

As fontes de silício mais utilizadas na agricultura, especialmente na área florestal, são algumas escórias de siderurgia, cujas empresas usam esses resíduos como fertilizantes em seus plantios de eucalipto.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a influência da escória de siderurgia tipo aciaria no crescimento e nutrição do eucalipto na sua fase inicial e nos atributos químicos do solo.

## **4 REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Setor florestal brasileiro**

O Brasil possui área total absoluta de 851 milhões de hectares. Desse total, 477,7 milhões correspondem a florestas naturais e 5,6 milhões a florestas plantadas, sendo 3,4 milhões, com eucalipto (IPEF, 2006).

O valor total da produção do setor de base florestal em 2005 foi de US\$27.8 bilhões, ou seja, 3.5% do PIB nacional. Nesse valor estão incluídos celulose, papel, madeira industrializada sob todos os processos, móveis, siderurgia a carvão vegetal e produtos florestais não madeireiros.

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo. Em 2005 a produção nacional foi de 5,5 milhões de toneladas. Desse total, 2,5 milhões de toneladas foram oriundos de florestas plantadas. O principal estado produtor é Minas Gerais, com uma produção de 1,74 milhão de toneladas, representando 69% do total (IBGE, 2005).

A produção brasileira de ferro-gusa em 2005 foi de 33,88 milhões de toneladas, das quais 33,7% a partir de carvão vegetal e 67,3% a partir de coque mineral.

Em função de estudos e investimentos em pesquisas, o eucalipto, que em 1965 produzia cerca de 10 m<sup>3</sup>/ha/ano, passou para valores de produtividade que chegam a 50 m<sup>3</sup>/ha/ano. Já é possível o uso de madeira de eucalipto para usos múltiplos e os avanços nas



melhorias tecnológicas da madeira permitem ganhos em processos industriais acima de 20% (IPEF, 2006).

#### **4.2 O Gênero *Eucalyptus* spp.**

De ocorrência natural na Austrália, o gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies que se desenvolvem em condições diversas de solo e clima. Utilizado principalmente para produção de celulose e papel, o eucalipto pode ser cortado aos 7 anos de idade, num regime que permite até 3 rotações sucessivas e econômicas, com reformas aos 21 anos. No caso de manejo de florestas para produção de madeira, a rotação pode chegar até 25 anos. Atualmente com a utilização de determinados clones para a produção de papel e celulose, por exemplo, os cortes já podem ser feitos com 5 anos de idade e realizar a reforma geral do talhão (IPEF, 2006).

A madeira oriunda de florestas plantadas é utilizada principalmente para produção de chapas, lâminas, compensados, aglomerados, carvão vegetal, madeira serrada, celulose e móveis. Outros produtos também podem ser obtidos, como por exemplo, óleos essenciais e mel. Plantios clonais de híbridos de eucaliptos podem produzir até 50 m<sup>3</sup>/ha/ano (IPEF, 2006).

Dentre as espécies plantadas no Brasil, o *Eucalyptus grandis* tem como característica o crescimento rápido e a alta produtividade, enquanto que o *Eucalyptus urophylla* possui maior capacidade de rebrota, rusticidade e maior densidade da madeira. O híbrido urograndis (*E. grandis* x *E. urophylla*) tem como vantagens ser uma alternativa rápida para a produção de madeira para fins energéticos; sua madeira pode ser amplamente utilizada na propriedade rural (palanques, postes, sombreamento de pastagens entre outros), na construção civil e em serraria; possui um retorno financeiro elevado, além de reduzir a pressão sobre a extração de madeiras nativas do Cerrado (EMBRAPA, 2003).

### 4.3 Escória de siderurgia

As escórias são substâncias provenientes das matérias-primas dos minérios de ferro, cuja incorporação ao ferro gusa ou aço é indesejável (PIAU, 1991). Quando o teor de Mg é menor que 4%, podem ser aproveitadas na fabricação de cimento, além de ser utilizada na pavimentação de vias.

Escórias básicas de siderurgia têm como base os silicatos de cálcio e magnésio. Elas podem ser usadas como corretivos de solos devido à sua alcalinidade. Com exceção de cloro, todos os micronutrientes, como também o fósforo, o enxofre e o potássio estão contidos nas escórias básicas de siderurgia (PIAU, 1995).

A escória de alto forno é um resíduo não metálico da produção de ferro gusa. Quando resfriada bruscamente (granulada) possui propriedades aglomerantes. A escória de alto forno apresenta maior liberação de K e a de aciaria maior disponibilidade de Ca. A granulometria mais fina permite a ambas uma maior reatividade com o solo, tanto nos arenosos como nos argilo-arenosos (NOVAIS et al., 1995). Escórias de alto forno com partículas menores que 0,3 mm são mais eficientes no fornecimento de Ca e Mg para o solo, enquanto que as mais grosseiras, com partículas maiores que 2 mm, são as menos efetivas (OLIVEIRA et al., 1994).

A escória de aciaria é um subproduto da produção do aço, resultado da agregação de diversos elementos desnecessários no material aço. Tem como características marcantes ser composta de muitos óxidos, como CaO e MgO além de ser expansível, devido às reações químicas desses óxidos. As limitações encontradas no material são basicamente: heterogeneidade; alto teor de cal livre e a ausência de atividade hidráulica. A escória de aciaria é a fração leve que se separa do aço líquido pela diferença de peso específico (PIAU, 1995).

A escória de forno de panela também é um subproduto da produção do aço, mas uma das diferenças entre as anteriores é que ela não possui micronutrientes, é totalmente solúvel, com exceção do cálcio e magnésio. Apresenta teores de CaO em torno de 48% e 28% de MgO.

Conforme Crusciol (2007), o uso de silicatos na agricultura, além dos efeitos diretos na produtividade, pode contribuir de maneira significativa no aproveitamento de passivos ambientais (agregados siderúrgicos / escória), na redução do uso de pesticidas

(inseticidas, fungicidas e nematicidas) e na substituição de recursos naturais não renováveis, como o calcário. O manejo adequado de silício na nutrição de plantas e no controle de pragas e doenças nos permite prever a agricultura de forma ecologicamente correta e mais sustentável.

#### **4.4 Silício**

Segundo descrição encontrada em Wikipédia (2007), o silício (latim: *silex*, pedra dura; inglês: *silicon*) é um elemento químico de símbolo Si, de número atômico 14 (14 prótons 14 elétrons) com massa atômica igual a 28 u. À temperatura ambiente, o silício encontra-se no estado sólido. Suas propriedades são intermediárias entre as do carbono e as do germânio. É um elemento relativamente inerte e resistente à ação da maioria dos ácidos; reage com os halogênios e alcalis. O silício transmite mais de 95% dos comprimentos de onda das radiações infravermelhas. É utilizado para a produção de ligas metálicas, na preparação de silicones, na indústria cerâmica e, por ser um material semicondutor muito abundante, tem um interesse muito especial na indústria eletrônica e microeletrônica, como material básico para a produção de transistores para chips, células solares e em diversas variedades de circuitos eletrônicos.

Com o Decreto nº. 4954, de janeiro de 2004, o silício ganhou maior importância agrônômica, pois foi incluído na Legislação Brasileira de Fertilizantes como um micronutriente “benéfico” (BRASIL, 2004). Com isso, o aumento na utilização das escórias de siderurgia passou a ser viabilizada e ser encontrada em fontes comerciais de silicatos de cálcio e magnésio.

#### **4.5 Silício no solo**

No solo, o silício está presente na solução como ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), a maior parte não dissociada, o qual é prontamente absorvido pela planta (RAVEN, 1983). Segundo Lima Filho et al. (1999), as principais fontes de silício presentes na solução do

solo são resultados da decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, da liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, dissociação de minerais cristalinos e não cristalinos, da adição de fertilizantes silicatados e da água de irrigação. Os principais drenos constituem a precipitação do silício em solução formando minerais, a polimerização do ácido silícico, lixiviação, adsorção pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al e a absorção pelas plantas.

As principais formas de silício no solo são: silício solúvel, silício adsorvido ou precipitado como óxido de ferro e alumínio e silício presente em minerais silicatados (RAIJ & CAMARGO, 1973).

Segundo Ponnampuruma (1972), a disponibilidade de Si para as plantas decorre da sua dissolução no solo e a concentração de ácido silícico na solução do solo depende da reação de adsorção dos sesquióxidos, que pode ser afetado pelo pH.

O fosfato e o silicato são retidos (adsorvidos) pelos óxidos de ferro e de alumínio da fração argila, podendo, assim, competir entre si pelos mesmos sítios de adsorção, ou seja, silicato pode deslocar fosfato previamente adsorvido, e vice-versa, das superfícies oxídicas (OBIRARA; RUSSESL, 1972).

#### **4.6 Silício nas plantas**

O silício tem sido considerado como um elemento benéfico no controle de doenças, como foi verificado por Datnoff et al. (1991), Menzies et al. (1991), Chérif e Bélanger (1992), Bélanger et al. (1995), Korndörfer e Datnoff (1995), Lima Filho et al (1998 e 1999), Epstein et al. (1999), entre outros. O silício proporciona mudanças anatômicas nos tecidos como, por exemplo, a deposição de sílica nas células da camada epidérmica, proporcionando resistência física à penetração dos patógenos. Além da função estrutural, o silício exerce a função de ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa. Os locais de penetração dos fungos apresentam maior acúmulo de silício. Nesses pontos de infecção ocorrem aumentos da síntese de compostos fenólicos, que atuam como substâncias inibidoras ao desenvolvimento dos fungos.

Pode estar presente em grandes quantidades em algumas culturas, principalmente em gramíneas. As quantidades de silício em algumas culturas é superior às quantidades de nitrogênio, potássio e cálcio. No entanto, poucas são as informações sobre quantidade acumulada, efeitos sobre o crescimento e resistência à doenças referentes a esse elemento no eucalipto. Deve-se considerar que o silício e o boro são os nutrientes que apresentam as maiores variações em relação à exigência dos materiais genéticos. Existem materiais que apresentam maior facilidade de transportar o boro e o silício das raízes para a parte aérea, sendo considerados assim mais eficientes (SILVEIRA & HIGASHI, 2003).

A principal forma na qual o silício é encontrado na planta é a sílica amorfa hidratada,  $\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  e depois na forma de polímeros, formando complexos com polifenóis de grande estabilidade e baixa solubilidade. A maior parte do silício deposita-se no apoplasto na forma sólida onde se torna imóvel (TAKAHASHI, 1995).

Em gramíneas, acredita-se que o silício seja absorvido por fluxo de massa, por processo não seletivo (YASSUDA, 1989).

As plantas absorvem o silício da solução do solo na forma de ácido silícico  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  (TISDALE et al., 1993). Na natureza, as plantas diferem bastante quanto à sua capacidade de absorver silício (DEREN et al., 1994).

Ma et al (2006), estudando um gene da família aquaporin em plantas de arroz, verificou que este se manifesta tanto na endoderme quanto na epiderme de células vegetais, e quando suprimido, reduziu a absorção de Si pelas plantas. A identificação desse transportador, fornece uma nova visão sobre o sistema de absorção do Si pelas plantas.

Segundo Marschner (1995), as diferentes espécies vegetais variam grandemente em sua capacidade de absorver e acumular silício nos tecidos, podendo, em função dos percentuais de  $\text{SiO}_2$  na matéria seca da parte aérea, serem classificadas como: a) plantas acumuladoras, que incluem muitas gramíneas como o arroz, contendo de 10 a 15 dag  $\text{kg}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$ ; b) intermediárias, com teores de  $\text{SiO}_2$  variando de 1 a 5 dag  $\text{kg}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$  (cereais, cana-de-açúcar e poucas dicotiledôneas); c) plantas não acumuladoras, incluindo a maioria das dicotiledôneas, apresentando  $< 0,5$  dag  $\text{kg}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$ .

As plantas acumulam silício majoritariamente como opala-A ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) ou opala biogênica, na forma de corpos silicosos ou fitólitos (pedras produzidas por plantas, em grego), sendo também encontrado sob a forma de cadeias oligoméricas. As

deposições de sílica biogênica (fitólitos) nos vegetais podem ocorrer em folhas, sementes, frutos, raízes e madeira, dentro das células ou na parede celular. Algumas morfologias de fitólitos são únicas o bastante para possibilitar a identificação das plantas produtoras no nível de família e às vezes de gênero.

O silício e o carbono são elementos químicos muito semelhantes, pertencentes ao mesmo grupo na tabela periódica. Mas apesar do silício ser muito mais abundante, o carbono é o principal componente dos seres vivos. Algumas espécies, no entanto, têm ao longo da evolução, aprendido a produzir estruturas de silício em seus organismos de uma forma metabolicamente mais barata do que se produzissem com carbono. Os vegetais superiores modernos são provavelmente descendentes de cianobactérias (algas verde-azuladas), também organismos unicelulares fitoplanctônicos fotossintetizantes, como as diatomáceas (GUEDES, 2006).

Epstein *et al.* (2004) referem-se ao silício como uma “anomalia” (Epstein, 1994) ou um “elemento enigmático na fitotecnia (Epstein, 2001). A perplexidade refletida nessas afirmações não é restrita apenas à biologia de plantas superiores, pois diversos autores tentam explicar a natureza curiosa desse elemento. O silício é um macronutriente essencial para diatomáceas marinhas e de água doce, que são algas unicelulares. Na fisiologia vegetal, o silício é considerado geralmente, sem importância, mas ele aparece abundantemente na crosta terrestre. Segundo eles, estamos no limiar de uma nova era na bioquímica do silício, onde já não pode ser tratado como uma nulidade na biologia vegetal, e que não é uma questão de dois lados, como essencial ou não, mas sim de graus, sob diferentes condições.

#### **4.7 Efeito corretivo dos silicatos de cálcio e magnésio**

Em linhas gerais, no processo siderúrgico, o calcário, o minério de ferro e o coque ou carvão são aquecidos a 1900°C, promovendo a redução do ferro e a produção de compostos indesejáveis (material inerte do minério e do carvão), que não foram reduzidos. Estes combinam-se com Ca e Mg do calcário, dando origem à escória (PEREIRA, 1978). Portanto, a escória apresenta constituinte neutralizante ( $\text{SiO}_3^{-2}$ ) e bases como o Ca e o

Mg (ALCARDE, 1992), e é também fonte de silício, o que pode influenciar na eficiência de aproveitamento dos fertilizantes fosfatados (PRADO & FERNANDES, 1999).

Para cada granulometria do corretivo, o tempo e a concentração do íon hidrogênio do solo são os fatores que mais afetaram a neutralização da acidez do solo, foi o observado por Pierre (1930).

Para medir a eficiência granulométrica dos corretivos, Camargo (1972) incubou dois calcários e uma escória básica de alto forno, nas granulometrias 0,210 – 0,105mm e 0,420 -0,210mm. Os calcários foram mais eficientes na elevação do pH dos solos nas granulometrias 0,210 – 0,105mm, como também aumentou a concentração de Ca e Mg trocável. Nas granulometrias 0,420 – 0,210mm a elevação do pH dos solos e o aumento da concentração de Ca e Mg trocável tiveram maior eficiência quando os solos foram incubados com escória.

#### **4.8 Efeito do silicato em eucalipto**

As escórias de siderurgia são ricas em Ca e Mg e apresentam, ainda, em sua composição, alguns dos principais macro e micronutrientes requeridos em plantações florestais e na agricultura, como o P, Fe e Mn (OLIVEIRA et al. 1994).

A alta concentração de carbonatos de Ca e Mg indica sua utilização como corretivo da acidez do solo e como fonte de Ca e Mg para as plantas, em substituição ou como complemento à adubação tradicional desses elementos, especialmente para solos arenosos de baixa fertilidade. Conforme Piau (1991), quando comparada com o calcário, a eficiência agrônômica da escória varia de acordo com a granulometria, dosagem, tipo de solo e tempo de contato com o solo.

Nolasco et al. (2000) descrevem a diferença de liberação de nutrientes em função dos diferentes tipos de escória e citam que a escória de alto forno apresenta maior liberação de K, enquanto que a de aciaria, apresenta maior disponibilidade de Ca. Citam também a diferença da granulometria e as diferentes doses necessárias para uma escória de alto forno de 2,0 mm atingir os valores de matéria seca de *E. urophylla* obtidos com aplicação de escória de alto forno com partículas de 0,3 mm.

Oliveira et al (1994), em ensaios aplicando-se misturas de escórias com fertilizantes fosfatados em plantios de *E. camaldulensis*, obtiveram maiores produções de madeira nos tratamentos com a mesma mistura de escória com relação à fertilização química.

Com relação à contaminação do solo por metais pesados, estimativas sugerem que aplicações anuais de até 25 t.ha<sup>-1</sup>, realizadas num período de 10 anos, não resultarão em contaminação (NOLASCO et al, 2000).

Atualmente, a maior parte dos estudos verificando o efeito do silicato em eucalipto avaliam a questão de resistência à pragas e doenças. Estudos recentes utilizando *E. grandis* têm demonstrado que, de modo geral, plantas tratadas com Si foram menos danificadas em condições de geada. Santana et al. (2007) constataram que plantas de eucalipto submetidas às doses de 7,5 e 22,5 g de Si por planta demonstraram maior vigor, apresentando maiores médias no número de brotações e na altura de brotações após geada, além de reduzir o número de ninfas de *Blastopsylla occidentalis* e *Ctenarytaina spatulata* nas brotações de *E. grandis*.

Dal Pogetto et al. (2007) estudando *Glycaspis brimblecombei*, um inseto de hábito succívoro que ataca plantios de eucalipto, gerando perdas de até 40% na produção de madeira e até morte de árvores, verificaram que houve uma mortalidade maior desses insetos quando as plantas foram tratadas com adubação silicatada.

#### **4.9 Recomendações para eucalipto**

Conforme analisado por Novais et al (2000) em plantações comerciais, a aplicação de fertilizantes é generalizada e requer a adoção de critérios para definição da tecnologia de fertilização, isto é, quais nutrientes aplicar, em que doses, épocas e modo de localização em relação à planta. Apesar do eucalipto ser plantado intensamente no Brasil desde a década de 60, os estudos publicados sobre a fertilização de solos para o seu cultivo são relativamente escassos e referem-se mais às condições dos Estados de Minas Gerais e São Paulo. Muitas empresas florestais, senão a maioria, dispõem de algum tipo de informação sobre o tema, em geral não publicada. O reduzido volume de informação e a falta de sistematização daquela existente são razões para procedimentos dos mais variados na aplicação da técnica de fertilização em plantios de eucalipto. Poucos são os sistemas estaduais de extensão que



dispõem de informações mais específicas sobre a fertilização de eucalipto para serem repassadas a proprietários rurais e empresas menos estruturadas.

A grande maioria das áreas de florestamento está sobre solos muito intemperizados e lixiviados e portanto, com baixa disponibilidade de nutrientes. Como fator complicante, o atendimento da demanda nutricional é bastante prejudicado pelos altos índices de deficiência hídrica que ocorrem na maior parte das áreas. Com relação aos macronutrientes, os sintomas visuais de deficiências e as maiores respostas à adubação tem sido observados no campo, com mais freqüência na seguinte ordem:  $P > N \geq K > Ca > Mg$  e, para os micronutrientes,  $B \geq Zn$  (RAIJ et al, 1997).

A demanda de nutrientes pela planta depende de sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte os nutrientes absorvidos em biomassa. Para um mesmo material genético, numa determinada região, há uma relação relativamente estreita entre a taxa de crescimento e o acúmulo de nutrientes na biomassa (BARROS et al., 2000). Entretanto, diferenças na eficiência nutricional entre procedências e híbridos de eucalipto tem sido constatadas, podendo representar um fator importante na economia ou no emprego mais racional de fertilizantes (MOLICA, 1992; PAULA et al., 1997).

De modo geral, conforme cita Nolasco et al. (2000), o baixo custo dos calcários comerciais, a necessidade de moagem da escória para adequação da granulometria e a alta concentração de metais pesados são alguns dos fatores que inicialmente podem limitar seu uso. Mas o uso de escórias de granulometria média e fina (menores que 1mm) e o aumento na dosagem são recomendações para viabilizar seu emprego em plantações florestais.

## 5 MATERIAL E METODOS

### 5.1 Localização do Experimento

O experimento foi instalado na área experimental pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Botucatu. Foi conduzido no período de novembro de 2006 à julho de 2007, em área aberta (Figura 1).



Figura 1. Vista do experimento instalado na área experimental

## 5.2 Características do clima

O clima de Botucatu é classificado como Cwa, segundo a classificação internacional de Köppen (Cunha et al., 1994), que significa clima temperado quente, com chuvas no verão e seca no inverno, temperatura média do mês mais frio inferior a 17 °C e do mês mais quente superior a 23 °C, com precipitação pluviométrica média anual de 1533,2 mm.

As figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, as médias mensais de temperatura e precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento.

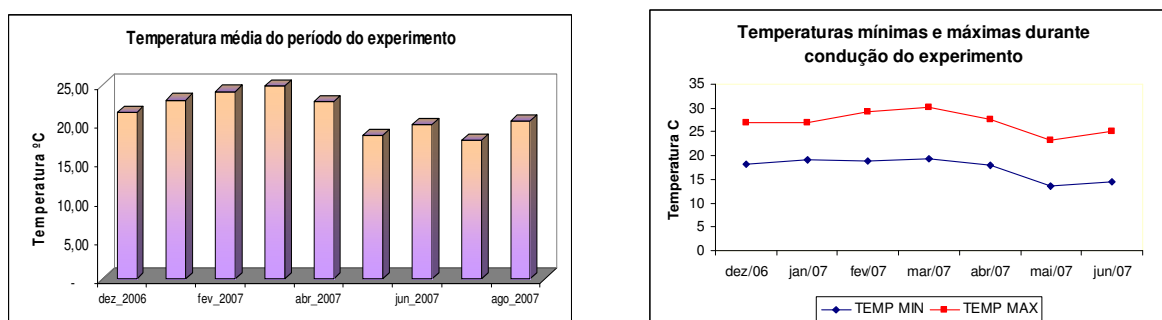


Figura 2. Temperaturas médias durante a condução do experimento

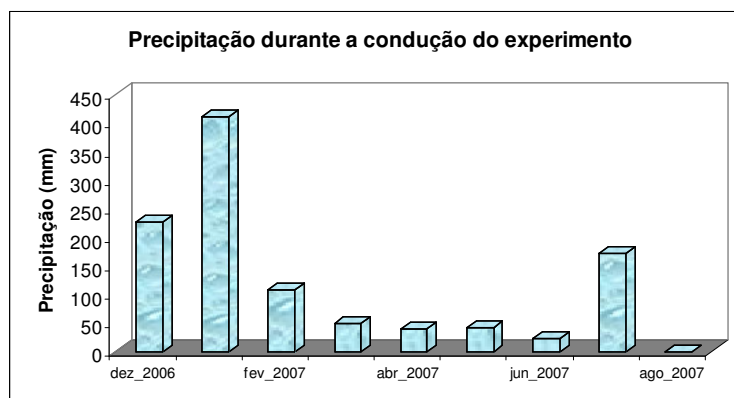


Figura 3. Precipitação mensal durante condução do experimento

### 5.3 Caracterização do solo

Foram utilizados dois solos, o Latossolo Vermelho (LV) de textura média e o Neossolo Quartzarênico (NQ), de textura arenosa. Eles foram coletados na camada de 0 - 20 cm em áreas da Fazenda Experimental Lageado.

A análise química foi realizada conforme a metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983), e os resultados estão nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas das amostras de solo na profundidade 0-20 cm.

Solo	pH	M.O.	Presina	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----			-----				mg/dm <sup>3</sup>	
LV	4,1	18	8	15	67	0,1	1	1	2	68	3	14
NQ	4,5	6	9	4	18	0,6	5	4	9	28	34	3

Tabela 2. Características químicas (micronutrientes) das amostras de solo na profundidade 0-20 cm.

Solo	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	----- mg/dm <sup>3</sup> -----			
LV	0,7	56	0,3	0,02
NQ	1,2	1	20,6	0,04

Foi realizada, também, a análise física dos solos e os resultados estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3. Características Físicas das amostras de solo na profundidade 0-20 cm.

Solo	Areia Total	Argila	Silte	Textura do Solo
	----- g/kg -----			
LV	650	296	54	Média
NQ	858	108	34	Arenosa

#### 5.4 Instalação do experimento

Foram utilizados tambores plásticos de 60 litros que foram furados no fundo para permitir o escoamento de água, uma vez que os vasos foram dispostos na área experimental sem cobertura. Os vasos foram devidamente identificados e preenchidos com 50 litros de solo e os seus respectivos tratamentos, que foram misturados com a ajuda de uma betoneira. Os vasos foram irrigados diariamente, a não ser em dias de chuva (Figura 4).



Figura 4. Vasos utilizados para condução do experimento

#### 5.5 Características da espécie

As mudas, híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, foram doadas por uma empresa florestal (Eucatex S.A. – Divisão Florestal). A espécie utilizada foi um clone que tem se mostrado bastante adaptado à região de Botucatu, e apresenta alta produtividade, resistência à ferrugem (*Puccinia psidii* Winter) e tolerância ao déficit hídrico. As mudas foram plantadas no final do mês de novembro de 2006.

Os parâmetros avaliados mensalmente foram o crescimento em diâmetro e a altura. As medições de altura das plantas foram feitas com régua graduada e as medições de diâmetro do colo com auxílio do paquímetro digital a 2 cm acima da superfície do solo.

Ao final do mês de maio, utilizando-se o clorofilômetro Minolta, modelo SPAD-502, foram realizadas medições do teor de clorofila (intensidade de cor verde – ICV) das folhas diagnóstico (folhas recém maduras situadas no terço médio superior da planta), nos quatro pontos cardeais da planta, nos dois lados de cada folha, em 16 folhas.

As mesmas folhas utilizadas na medição do teor de clorofila foram retiradas, pesadas, lavadas (em solução de detergente, enxaguadas em água corrente e posteriormente enxaguadas com água destilada), secas em estufa a 60°C, moídas em moinho tipo Willey e encaminhadas para análise química. Da matéria seca destas folhas diagnóstico, foram determinados os macronutrientes e os micronutrientes, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

As demais folhas foram coletadas, identificadas, pesadas e medida sua área foliar com o auxílio do Area Meter Li-cor, modelo LI-3100. Posteriormente, as folhas foram secas em estufa a 60°C até atingirem massa constante, sendo posteriormente pesadas.

Os galhos, troncos e raízes também foram coletados, identificados, pesados, secos em estufa a 60°C até atingirem massa constante, moídos em moinho tipo Willey e encaminhados para análise química. Da matéria seca dos galhos, troncos e raízes foram determinados os macro e micronutrientes, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

As análises do teor de silício no tecido vegetal (folhas, galhos, troncos e raízes) foram determinadas conforme técnica descrita por Elliott e Snyder (1991), adaptada por Korndörfer et al. (2004).



Figura 5 – Processo de digestão do tecido vegetal para posterior determinação do teor de Silício.

### 5.6 Caracterização da escória de siderurgia

O material utilizado neste experimento foi uma escória de aciaria granulada (Umidade à 110°C de 4% e cuja análise granulométrica mostrou as seguintes porcentagens retidas nas peneiras: 2mm = 26%; 0,84mm = 68,23%; 0,3mm = 3%; Fundo = 2,77%), fornecida pela empresa Silifétil Ambiental Ltda. A análise química (Tabela 4) foi feita pelo Laboratório de Análise Química de Fertilizantes e Corretivos, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo, e os resultados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Análise química do silicato granulado utilizado no experimento:

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Na	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Si	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----%						----- mg.kg <sup>-1</sup> -----					
Escória Granulada	1,00	0,06	1,00	0,08	40	7	30	14	980	207200	22880	1220

## 5.7 Definição dos tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi dividido em duas partes:

1) Um experimento para comparar o efeito da aplicação de doses crescentes de escória (doses proporcionais a zero; 300; 600; 1200 e 2400 kg/ha), em cada um dos dois tipos de solo. Todos os tratamentos receberam a mesma dose de NPK, sendo equivalente à 80 ppm de N da forma de sulfato de amônio, 150 ppm de P na forma de super fosfato triplo e 80 ppm de K na forma de cloreto de potássio. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições.

2) Um experimento onde se comparou o tratamento equivalente a 2400 kg/ha de escória + NPK, com a testemunha absoluta (sem escória e sem adubo químico), com a adubação química (somente NPK - equivalente à 80 ppm N na forma de sulfato de amônio, 150 ppm de P na forma de super fosfato triplo e 80 ppm de K na forma de cloreto de potássio) e com calcário + NPK (conforme a necessidade de calagem para cada solo, calculada pela fórmula:  $NC = 10[20 - (Ca + Mg)]/PRNT$  – Sendo o PRNT do calcário de 91, a NC calculada para o Latossolo foi de 1,98 kg/ha e para o Neossolo Quartzarênico, de 1,87 kg/ha. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições

Os vasos foram preenchidos com 50 litros de solos e seus respectivos tratamentos. As mudas foram plantadas e nos dias 07/02/2007 e 26/04/2007 foram aplicadas metade da dose de cobertura, pois as plantas começaram a mostrar sinais de deficiência de fósforo. As fontes utilizadas de nitrogênio, fósforo e potássio foram respectivamente, o sulfato de amônio, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio.

O fornecimento de água foi realizado por um sistema fixo de irrigação convencional por gotejamento. A reposição de água durante a cultura foi realizada quando o solo atingia valores pré estabelecidos em função de 80% da capacidade de campo.

No mês de março e ao final da condução do experimento (julho/2007) foram coletadas amostras de solo de cada vaso. Estas foram devidamente identificadas, secas em estufa a 60°C, peneiradas (malha 2mm) para determinação de: pH (CaCl<sub>2</sub>), matéria orgânica, fósforo, alumínio trocável (Al<sup>+3</sup>), acidez potencial (H + Al), potássio, cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de base (V%), boro, cobre, ferro,



manganês, zinco e sódio. As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Rajj et al. (2001).

### 5.8 Extratores utilizados para quantificação do silício no solo e na planta

A determinação de silício no solo foi feita com as amostras coletadas ao final do experimento. As amostras foram secas em estufa a 60°C e peneiradas (malha 2mm). A metodologia utilizada foi descrita por Korndörfer et al. (2004).

O processo de extração de silício na planta foi feito através da oxidação da matéria orgânica com água oxigenada (digestão), cujo procedimento foi descrito por Elliott et al. (1991). Posteriormente, utilizou-se o extrator HCl 0,5 mol dm<sup>-3</sup>, conforme descrito em Korndörfer et al. (2004).

### 5.9 Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa SISVAR. A análise de variância do 1º Experimento é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Análise de variância do 1º Experimento (Regressão)

<b>Causas da variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>
Tratamento	4
Solo	1
Repetição	5
Tratamento x Solo	4
Resíduo	45
Total	59

A Análise de variância do 2º Experimento é demonstrada na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de variância do 2º Experimento

<b>Causas da variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>
Tratamento	3
Solo	1
Repetição	5
Tratamento x Solo	3
Resíduo	35
Total	47

Os resultados foram avaliados de duas formas: no experimento 1, foi realizada uma regressão para as doses crescentes de escória, enquanto no experimento 2, os resultados foram avaliados qualitativamente e na comparação de médias, utilizou-se o Teste LSD.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Experimento 1 - Efeito das doses crescentes de escória**

#### **6.1.1 Atributos químicos do solo**

Os resultados das análises químicas de solo realizadas após 3 meses a implantação do experimento podem ser verificados na Tabela 7 e na Figura 6.

O aumento das doses influenciou significativamente os valores de pH, H+Al, Mg e V%. A dose de 2400 kg/ha foi responsável pelo maior aumento do pH, redução da acidez potencial e, conseqüentemente, do aumento do V% em ambos os solos. Os valores médios de pH e V% em função das doses crescentes de escória são explicados pela regressão quadrática, como podem ser observados nas Figuras 6-A e 6-F, respectivamente. A acidez potencial (H+Al) foi reduzida conforme aumentou-se a dose de escória, sendo explicada por uma regressão quadrática negativa (Figura 6-C).

Os teores encontrados de K, Ca e Mg no solo estão bem acima dos valores críticos para plantios de eucalipto, descritos por Barros et al. (1982). Segundo Gonçalves & Pogiani (1996), apenas o teor de P e a CTC obtidos neste experimento podem ser considerados adequados para plantios de eucalipto, pois segundo eles, teores adequados de K seriam entre 3-10 mmol/dm<sup>3</sup>, entre 10-20 mmol/dm<sup>3</sup> para o Ca e entre 5-10 mmol/dm<sup>3</sup> para

o magnésio. Para Raij et al. (1997) teores médios de K considerados adequados para culturas florestais estão entre 1,6 e 3,0 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, enquanto que para o Mg, entre 5 e 8 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Os baixos valores de K encontrados podem ser devido à lixiviação pelo fato do experimento ser conduzido em área aberta, sujeita à influência direta da precipitação pluviométrica (Figura 3).

Observa-se que houve interação significativa entre solos e doses de escória para teores de matéria orgânica (M.O.) e para a CTC. Para ambos os teores no Latossolo, houve ajuste pela regressão linear negativa (Figura 6-B e Figura 6-E), ou seja, conforme aumentou-se a dose de escória, o teor de M.O. e a CTC sofreram tendência à redução.

Segundo Raij et al. (1997), os teores obtidos de P e Ca são considerados adequados. A aplicação de escória aumentou os valores de Ca e P nos solos, apesar dos teores de P não serem influenciados nem pelos solos estudados e nem pelas doses de escória aplicadas. Por outro lado, K e Mg estão muito baixos para culturas florestais.

Verificou-se a influência do tipo de solo apenas para teores de potássio e cálcio e, conseqüentemente, na SB, sendo esses valores superiores no Neossolo Quartzarênico.

Os resultados das análises químicas de solo realizadas após 6 meses do plantio, ao encerramento do experimento, podem ser verificados nas Tabelas 8 e 9 e na Figura 7. Observa-se que não houve influência do tipo de solo nem das doses de escória para os valores de pH nem para os teores de magnésio.

O decréscimo do pH em relação à amostragem feita aos 3 meses do plantio do eucalipto pode ser um reflexo do próprio crescimento das plantas, que pela absorção de água, íons e moléculas da solução do solo e, principalmente, de componentes catiônicos pode provocar desequilíbrio citoplasmático. Como artifício para estabilizar o meio e garantir a integridade celular e a estabilidade citoplasmática, ocorre fluxo de íons H<sup>+</sup> para o ambiente radicular (QUAGGIO, 2000). Outra provável possibilidade é a lixiviação de bases provocada pela precipitação pluviométrica ocorrida entre os dois períodos de amostragem (Figura 3), pois avaliando os valores de pH nas Tabelas 7 e 8, observa-se redução.

O tipo de solo interferiu nos valores de M.O., H+Al, SB, CTC, V% e nos teores de Ca, B, Cu e Zn. Os valores da CTC do Latossolo são elevados principalmente

devido ao valor da acidez potencial, do mesmo. O Neossolo Quartzarênico foi responsável pelos maiores valores da SB, V% e teores de Ca, Cu e Zn.

A aplicação da menor dose de escória no Neossolo resultou em maiores teores de P, contrariando o observado por Silva et al. (2002) que verificaram maior disponibilidade de P em função da aplicação de maiores doses de escória.

O tipo de solo e as doses de escória influenciaram os teores de K, sendo superiores no Latossolo, provavelmente pela textura do solo (maior teor de argila) e pela lixiviação deste elemento no solo mais arenoso.

Em relação aos micronutrientes, observa-se que ocorreu interação significativa entre as doses de escória e o tipo de solo apenas para os teores de Fe e Mn. Os maiores teores de Fe foram encontrados no Latossolo, enquanto que os maiores teores de Mn foram observados no Neossolo, possivelmente influenciados pelos baixos valores de pH do solo. O efeito da aplicação de escória sobre o Mn é ajustado por uma regressão linear negativa (Figura 7-D), significando que maiores doses de escória reduziram sua disponibilidade no solo, provavelmente devido ao aumento do pH. O solo foi o único fator de variação para os teores de B, Cu e Zn, sendo superiores no Neossolo Quartzarênico, com exceção do B, superior no Latossolo.

Tabela 7. Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) após 3 meses de plantio com eucalipto, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (março/2007)

Dose de escória (kg/ha)	pH (CaCl <sub>2</sub> )		M.O. <sub>3</sub> (g/dm <sup>3</sup> )		Presina (mg/dm <sup>3</sup> )		H+Al		K		Ca		Mg		S B		CTC		V%	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	4,5	4,1	5 b	21 a	49	54	25	81	0,7	0,6	9	4	3	1	12	5	38 b	86 a	33	6
300	4,5	4,1	6 b	20 a	68	45	25	75	0,8	0,5	12	3	3	0,8	15	4	41 b	79 a	38	5
600	4,4	4,1	6 b	20 a	53	47	25	77	0,6	0,5	10	4	2	0,6	13	5	38 b	83 a	34	7
1200	4,5	4,2	5 b	19 a	56	49	25	75	0,6	0,5	10	5	2	0,6	12	6	38 b	82 a	33	7
2400	4,6	4,3	6 b	18 a	55	34	22	71	0,7	0,5	11	6	3	1	15	7	38 b	79 a	39	9
Média	4,5 a	4,1 b	6	19	56	46	24 b	76 a	0,7 a	0,5 b	10 a	4 b	2 a	0,8 b	13 a	6 b	38	82	35 a	7 b
	C.V.%= 2,69 Solo ** Dose ** Solo x Dose (ns)		C.V.%= 12,76 Solo **/ Dose (ns) R.L.= 14,23 ** R. Q. =0,98 (ns)		C.V.%= 39,28 Solo (ns) Dose (ns) Solo x Dose (ns)		C.V.%= 6,33 Solo ** Dose ** Solo x Dose (ns)		C.V.%= 23,43 Solo ** Dose (ns) Solo x Dose (ns)		C.V.%= 24,07 Solo ** Dose (ns) Solo x Dose(ns)		C.V.%= 32,57 Solo ** Dose * Solo x Dose (ns)		C.V.%= 21,97 Solo ** Dose (ns) Solo x Dose(ns)		C.V.%= 5,15 Solo**/ Dose(ns) R.L.= 7,66 * R.Q= 0,009 (ns)		C.V.%= 17,86 Solo ** Dose * Solo x Dose(ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

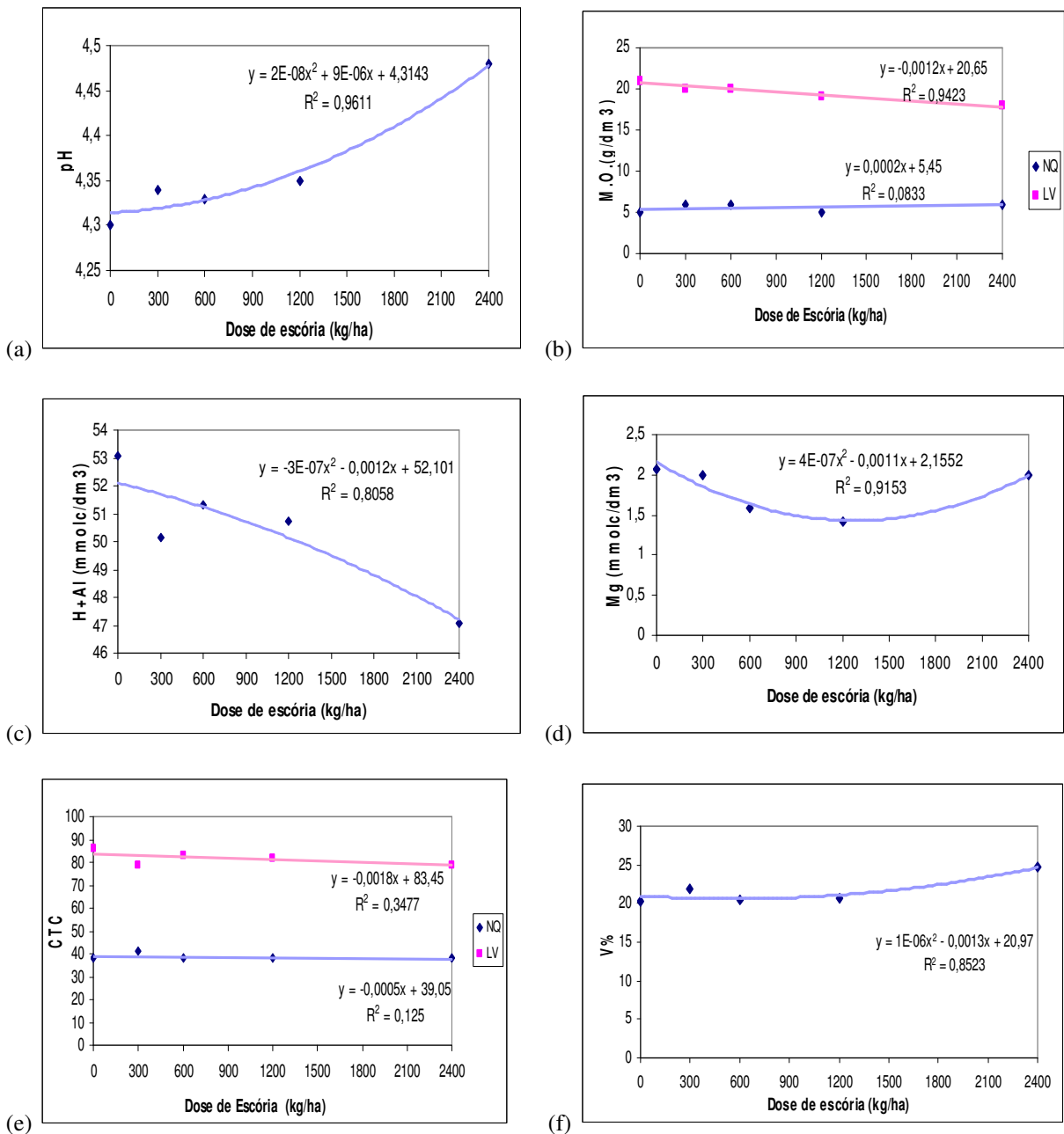


Figura 6. Valores médios de pH (a), acidez potencial (c), teor de Mg (d) e V% (f) de solo conduzido com eucalipto durante 3 meses em função de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para Matéria Orgânica (b) e CTC (e) em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ) em função da aplicação de doses crescentes de escória.

Tabela 8. Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) conduzidos durante 6 meses com plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (agosto/2007)

Dose de escória (kg/ha)	pH (CaCl <sub>2</sub> )		M.O. (g/dm <sup>3</sup> )		Presina (mg/dm <sup>3</sup> )		H+Al		K		C a		M g		S B		CTC		V%	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	3,9	4,0	9	27	22	29	32	100	0,7	0,5	4	4	1	1	6	5	39	106	16	6
300	3,8	3,9	7	26	40	41	34	105	0,6	0,3	3	2	1	1	5	3	39	109	13	2
600	4,0	4,0	8	26	34	32	31	103	0,8	0,4	6	3	1	1	7	5	39	108	20	5
1200	3,8	3,9	9	26	37	39	35	102	0,8	0,4	4	2	1	1	6	3	40	106	14	3
2400	4,2	3,9	8	25	26	38	28	98	0,8	0,4	7	2	1	1	9	4	38	102	26	4
Média	3,9	3,9	8 b	26 a	32	35	32 b	102a	0,4 b	0,7 a	5 a	3 b	1	1	7 a	4 b	39 b	106	18 a	4 b
a																				
C.V.%= 7,07		C.V.%= 12,44		C.V.%= 24,09		C.V.%= 14,35		C.V.%= 23,11		C.V.%= 78,43		C.V.%= 43,03		C.V.%= 68,77		C.V.%= 9,32		C.V.%= 71,33		
Solo (ns)		Solo **		Solo (ns)		Solo **		Solo **		Solo *		Solo (ns)		Solo *		Solo **		Solo **		
Dose (ns)		Dose (ns)		Dose **		Dose (ns)		Dose *		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		
Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose(ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose(ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose(ns)		

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade



Tabela 9. Resultados da análise química (micronutrientes) de Neossolo Quartzarênico(NQ) e Latossolo Vermelho (LV) após plantio de eucalipto durante 6 meses, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (agosto/2007)

Dose de escória (kg/ha)	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	0,14	0,20	1,5	0,7	47 b	86 a	17,0	0,1	0,3	0,2
300	0,15	0,19	1,4	0,6	68 b	81 a	13,5	0,1	0,1	0,5
600	0,15	0,21	1,5	0,7	60 b	79 a	13,6	0,1	0,5	0,2
1200	0,16	0,21	1,5	0,6	63 b	83 a	16,6	0,3	0,4	0,2
2400	0,14	0,21	1,5	0,7	36 b	80 a	11,5	0,3	0,5	0,2
Média	0,15 b	0,20 a	1,5 a	0,72 b	55	82	14,4 a	0,2 b	0,4 a	0,2 b
	C.V.%= 10,38		C.V.%= 13,28		C.V.%= 20,68		C.V.%= 35,01		C.V.%= 34,54	
	Solo **		Solo **		Solo **/ Dose (ns)		Solo **/ Dose (ns)		Solo **	
	Dose (ns)		Dose (ns)		R.L.= 6,14 **		R.L.= 7,05 *		Dose (ns)	
	Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		R. Q. = 9,84 **		R. Q. = 0,81 (ns)		Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade. ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

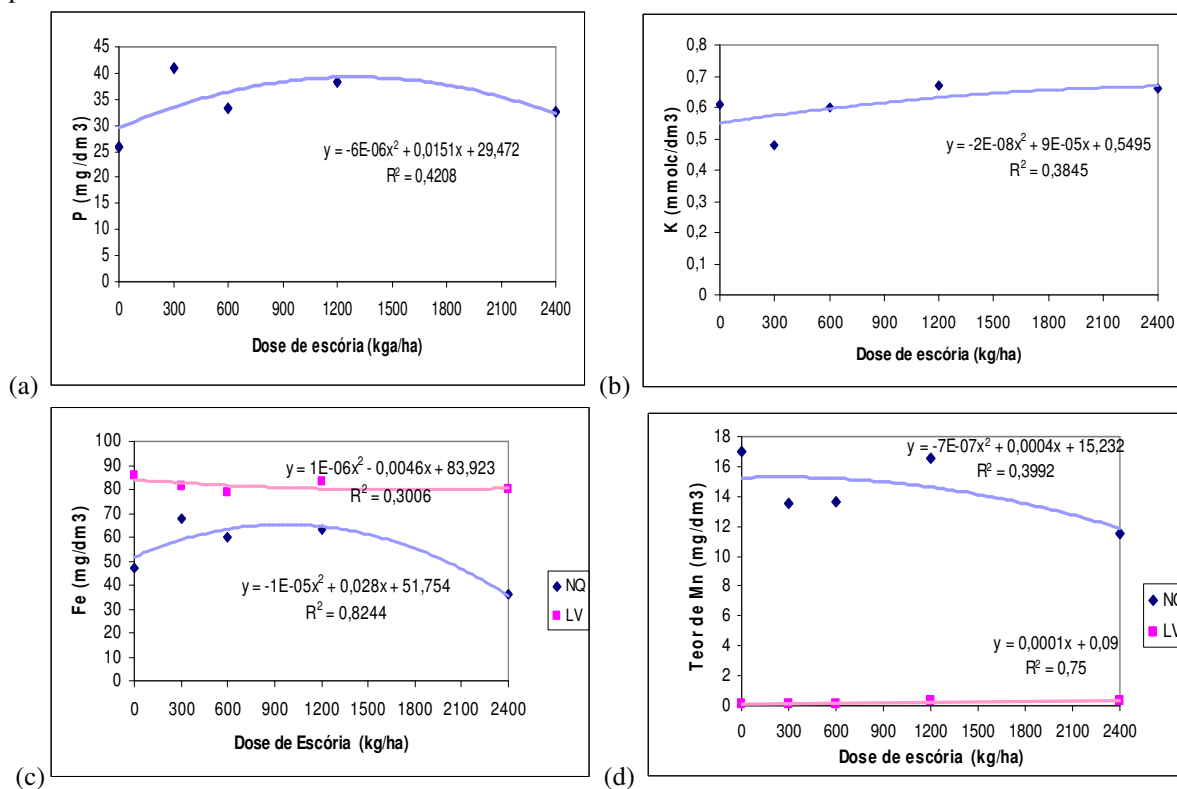


Figura 7. Valores médios de teores de P (a) e K (b) de solos conduzidos com eucalipto durante 6 meses em função de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores de Fe (c) e Mn (d) em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), conduzidos com eucalipto por 6 meses, em função da aplicação de doses crescentes de escória

## 6.1.2 Crescimento das plantas

### 6.1.2.1 Produção de massa de folhas, área foliar e teor de clorofila

A produção de massa verde e seca de folhas e a área foliar (Tabela 10 e Figura 8) foram influenciadas pelo tipo de solo e pelas doses de escória, onde, na média os maiores valores foram encontrados no Latossolo com a dose de 2400 kg/ha de escória.

Verifica-se além dos menores valores de massa seca das folhas de eucalipto quando conduzidas em Neossolo Quartzarênico, estas apresentaram maiores porcentagens de perda de água, 55%, enquanto que no Latossolo, a perda foi de 50%.

A produção de massa seca de folhas do experimento está acima dos resultados das testemunhas obtidos por Guerrini (1990), quando avaliou por 6 meses o crescimento de *E. grandis* submetidos à diferentes formas de aplicação de N.

Na média, a área foliar aumentou com as maiores doses de escória, explicada por uma regressão quadrática (Figura 8-A).

O teor de clorofila não foi afetado por nenhum dos fatores avaliados, mas observou-se correlação de 0,76 entre o teor de clorofila com os teores de nitrogênio na folha (dados não apresentados).

Tabela 10. Produção de massa verde, massa seca, área foliar e teor de clorofila de folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantado em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) e submetido à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	Massa fresca de Folhas (g)		Massa Seca Folhas (g)		Área Foliar (cm <sup>2</sup> )		Teor de Clorofila (ICV-SPAD)	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	497	528	216	253	16115	18720	38,53	38,00
300	362	495	171	241	12737	17742	34,00	36,90
600	340	466	158	234	10875	16331	38,26	39,33
1200	481	529	216	278	13651	18251	35,91	38,08
2400	549	563	234	263	18480	19407	37,31	35,63
Média	446 b	516 a	199 b	254 a	14371 b	18090 a	37,38	37,01
	C.V.%= 18,99		C.V.%= 17,56		C.V.%= 20,68		C.V.%= 14,14	
	Solo * / Dose **		Solo ** / Dose *		Solo ** / Dose *		Solo (ns) / Dose (ns)	
	Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade. ns= não significativo /\*= significativo 5% de probabilidade /\*\*= significativo 1% probabilidade

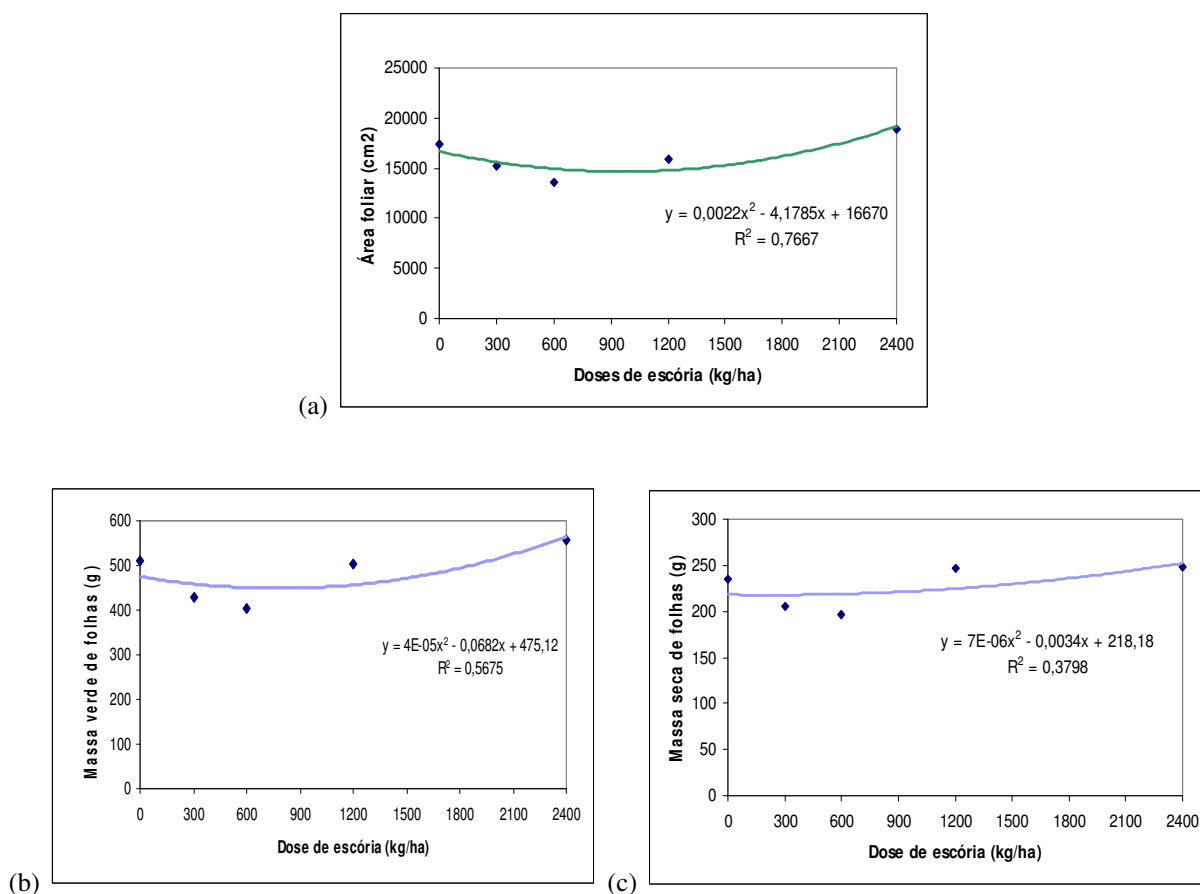


Figura 8. Valores médios de área foliar (a), massa verde (b) e massa seca (c) de folhas de eucalipto com 6 meses de idade, em função da aplicação de doses crescentes de escória.

### 6.1.2.2 Produção de massa de galhos

Tanto a massa seca como a massa verde dos galhos tenderam a aumentar, embora não de forma significativa, com as doses de escória, para ambos os solos (Tabela 11).

A massa verde de galhos foi maior no Neossolo Quartzarênico com a aplicação da maior dose de escória, mas ao analisar a massa seca, esta foi superior no Latossolo, pois a porcentagem média de perda de água durante a secagem foi maior no NQ (56%), enquanto que as plantas do LV perderam 47% de seu peso durante a secagem (Tabela 11 e Figura 9).

Os valores obtidos na produção de galhos do experimento está acima dos resultados obtidos por Guerrini (1990), quando avaliou por 6 meses o crescimento de *E.grandis* submetidos à diferentes formas de aplicação de N. Apesar dos tratamentos não serem passíveis de comparação, a testemunha absoluta do experimento de Guerrini apresentou produção total de galhos de 409,54 kg/ha quando conduzidas em um Latossolo e 151 kg/ha quando em um solo arenoso (areia quartzosa), enquanto que proporcionalmente, extrapolando os resultados deste experimento para hectare, em um espaçamento 3 x 2m (equivalente à 1666 plantas por hectare), os resultados da produção de galhos das testemunhas neste experimento seriam equivalentes à 493 kg/ha no NQ e 428 kg/ha no Latossolo. Dessa forma, equivale dizer que em relação à testemunha, a dose de 2400 kg/ha de escória promoveu um aumento na produção de galhos equivalente a 90 kg/ha no Neossolo Quartzarênico e a 65 kg/ha no Latossolo.

Tabela 11. Massa dos galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007).

Dose de escória (kg/ha)	Massa verde galhos (g)		Massa Seca galhos (g)	
	NQ	LV	NQ	LV
0	296	257	130	133
300	309	269	136	133
600	298	241	133	124
1200	318	270	143	142
2400	350	296	153	146
Média	314 a	267 b	136	139
	C.V.%= 15,85		C.V.%= 12,58	
	Solo **/ Dose (ns) / Solo x Dose (ns)		Solo (ns) / Dose * / Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade. ns= não significativo / \*= significativo a 5% probabilidade / \*\*= significativo a 1% probabilidade

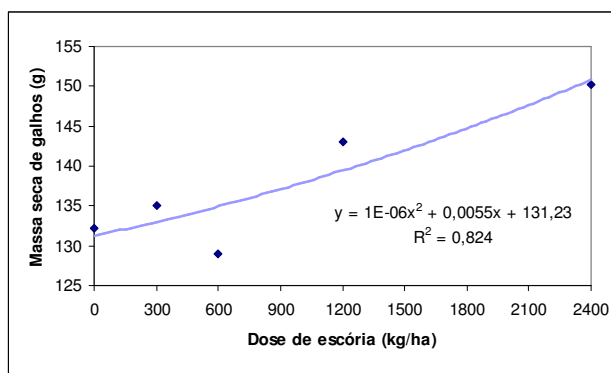


Figura 9. Valores médios de massa seca de galhos de eucalipto com 6 meses de idade, em função da aplicação de doses crescentes de escória.

### 6.1.2.3 Produção de massa de tronco

No NQ, o aumento das doses de escória mostrou tendência no aumento dos valores de massa do tronco apesar de não ser significativo. No LV, não houve essa tendência, sendo obtida a maior massa na testemunha (NPK).

Como pode ser verificado na Tabela 12, a massa verde do tronco foi superior no NQ, mas quando submetida à secagem, não apresentou diferença entre os solos nem entre as doses de escória. Neste caso, a perda de água durante a secagem também foi superior no NQ (68%) em relação ao LV (64%), indicando que o tronco das plantas acumulou mais água no NQ (cerca de 18%).

Ao calcular os valores da produção de tronco para 1 hectare (equivalente à 1666 plantas), o incremento em massa do tronco proporcionado pela aplicação da dose de 2400 kg/ha de escória em relação à testemunha, seria de 68 kg/ha para o NQ para o tronco verde e de 33 kg/ha para o tronco seco. Já no LV, não houve incremento na massa em função da aplicação de escória, uma vez que os resultados mostraram que a testemunha (apenas NPK), apesar de não significativa, mostrou tendência a ser superior aos demais tratamentos.

Comparando-se os resultados da massa dos troncos das testemunhas, os valores estão acima dos resultados encontrados por Guerrini (1990), o qual avaliou por 6 meses o crescimento de *E. grandis* submetidos a diferentes formas de aplicação de N.

Tabela 12. Massa dos troncos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	Massa verde tronco (g)		Massa seca tronco(g)	
	NQ	LV	NQ	LV
0	633	588	194	214
300	642	539	205	194
600	621	541	194	198
1200	653	580	211	182
2400	674	555	214	201
Média	645 a	561 b	204	198
C.V.%= 18,91		C.V.%= 24,96		
Solo * / Dose (ns) / Solo x Dose (ns)		Solo (ns) / Dose (ns) / Solo x Dose (ns)		

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade. ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

#### 6.1.2.4 Produção de massa de raízes

A massa verde das raízes não sofreu influência das doses de escória nem do tipo de solo, embora após a secagem, as raízes conduzidas no LV tenham apresentado médias superiores em relação ao NQ, visto que a porcentagem de perda de água no LV foi menor (68 e 73%, respectivamente), como pode ser verificado na Tabela 13.

Ao calcular os valores da produção de raízes para 1 hectare (equivalente à 1666 plantas), o incremento em massa de raízes proporcionado pela aplicação da dose de 2400 kg/ha de escória em relação à testemunha seria de 63 kg/ha para o NQ com as raízes frescas e de 114 kg/ha para as raízes secas. Já no LV, não houve incremento na massa em função da aplicação de escória, uma vez que os resultados mostraram que a testemunha (apenas NPK), apesar de não significativa, mostrou tendência a ser superior aos demais tratamentos.

Os valores de massa seca de raízes das testemunhas são superiores aos encontrados por Guerrini (1990) que avaliou por 6 meses o crescimento de *E. grandis*

submetidos à diferentes formas de aplicação de N e por Carvalho *et al.*(1999) que aplicou doses crescentes de Si em *E. grandis*, para avaliar absorção e translocação de Si .

A massa das raízes foi superior à massa do tronco (Tabela 12), fato explicado didaticamente por Gonçalves *et al.*(2000 b) quando explicam os estágios nutricionais das árvores, dividindo antes e depois do fechamento das copas, que ocorre nos primeiros meses de adaptação no campo, normalmente um a três meses pós-plantio, as taxas de acúmulo de nutrientes são pequenas, pois as plantas alocam grande quantidade de fotoassimilados e nutrientes existentes em sua copa para a síntese de raízes, reduzindo a relação parte aérea / sistema radicular e assim a produtividade de madeira e outros produtos florestais.

Tabela 13. Massa das raízes (g) de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>Massa Verde raiz</u> (g)		<u>Massa Seca raiz</u> (g)	
	NQ	LV	NQ	LV
0	861	1160	234	333
300	1085	1010	244	259
600	880	965	227	325
1200	1049	1032	273	322
2400	1019	1001	302	304
Média	979	1033	256 b	329 a
	C.V.%= 28,67		C.V.%= 23,15	
	Solo (ns) / Dose (ns) / Solo x Dose (ns)		Solo ** / Dose (ns) / Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade / ns= não significativo

#### 6.1.2.5 Produção de massa seca total de plantas

Os resultados da massa seca total de plantas estão apresentados na Tabela 14, onde se pode observar que a maior dose de escória no NQ promoveu a maior massa seca, embora não significativo em relação à testemunha, fato não observado no LV, onde os tratamentos não diferiram entre si. Em média, as plantas desenvolvidas no LV apresentaram

significativamente maior massa seca em relação àquelas do NQ, o que já era esperado em função do eucalipto crescer melhor em solos com maior teor de argila.

Ao calcular os valores médios da produção total para 1 hectare (equivalente à 1666 plantas), Os valores de massa seca total de plantas são inferiores aos encontrados por Guerrini (1990) que avaliou por 6 meses o crescimento de *E.grandis* submetidos à diferentes formas de aplicação de N.

Tabela 14. Massa seca total (g) das plantas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Solo	Testemunha	300 kg/ha de escoria	600 kg/ha de escoria	1200 kg/ha de escoria	2400 kg/ha de escoria	Média
NQ	791 a	719 b	677 b	740 b	892 a	764 b
LV	934 a	929 a	899 a	926 a	916 a	921 a
Média	863	824	788	833	904	
C.V.%= 15,21		R <sup>2</sup> = 82,63% (NS)				

Para as médias seguidas das mesmas letras, minúsculas na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 6.1.3 Crescimento em altura e diâmetro

O crescimento em altura das plantas não sofreu influência dos tratamentos durante o período das medições (Tabela 15), exceto na terceira medição, onde a média dos mesmos foram superiores no Latossolo. O diâmetro das plantas também não apresentou diferenças significativas em função dos solos nem das doses aplicadas até os 6 meses (Tabela 16).

Uma possível explicação para este comportamento no crescimento, pode ter sido o tamanho do vaso um fator de influência, promovendo o crescimento das raízes, e influenciando negativamente o crescimento da parte aérea, visto que à partir do terceiro mês, começou a ocorrer diminuição no incremento médio mensal das alturas.

Um outro fator que pode ter influenciado na redução do crescimento é a lixiviação dos nutrientes, em função do experimento ser conduzido em área aberta e estar



sujeito às variações da pluviosidade durante todo o período do experimento, uma vez que a base do vaso foi perfurada para não acumular água e não ocorrer encharcamento.

Tabela 15. Medições de altura (cm) das plantas de eucalipto conduzidos durante 6 meses em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	1ª Medição		2ª Medição		3ª Medição		4ª Medição		5ª Medição		6ª Medição	
	18 dias pós		49 dias pós		80 dias pós		107 dias pós		140 dias pós		170 dias pós	
	plantio		plantio		plantio		plantio		plantio		plantio	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	46	49	76	75	97	106	140	137	167	160	170	169
300	47	47	75	72	97	100	132	140	151	168	165	175
600	48	48	75	74	95	104	130	134	159	157	168	163
1200	48	48	74	78	94	109	126	136	148	162	158	170
2400	47	48	74	75	92	102	121	127	154	149	166	157
Média	47	48	75	75	95 b	104 a	130	135	156	159	165	167
	C.V.%=6,26		C.V.%=7,07		C.V.%= 8,33		C.V.%=11,08		C.V.%=13,92		C.V.%=12,87	
	Solo (ns)		Solo (ns)		Solo **		Solo (ns)		Solo (ns)		Solo (ns)	
	Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)	
	SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade. ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

Tabela 16. Medições de diâmetro (mm) das plantas de eucalipto conduzidos durante 6 meses em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	1ª Medição		2ª Medição		3ª Medição		4ª Medição		5ª Medição		6ª Medição	
	18 dias pós		49 dias pós		80 dias pós		107 dias pós		140 dias pós		170 dias pós	
	plantio		plantio		plantio		plantio		plantio		plantio	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	4	4	12	13	18	19	23	25	28	29	32	31
300	4	3	12	13	16	19	22	23	27	29	32	33
600	3	4	13	12	18	19	23	23	29	28	32	31
1200	3	4	12	13	17	19	24	25	26	29	32	31
2400	4	4	12	13	19	20	24	24	29	29	33	34
Média	4	4	12	12	18 b	19 a	23	24	28	29	32	32
	C.V.%=11,51		C.V.%=13,12		C.V.%=8,76		C.V.%=7,48		C.V.%=9,38		C.V.%=7,46	
	Solo (ns)		Solo (ns)		Solo **		Solo (ns)		Solo (ns)		Solo (ns)	
	Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)	
	SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade. ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

## 6.1.4 Nutrição mineral das plantas

### 6.1.4.1 Nutrientes nas folhas

Os resultados dos teores e acúmulos dos nutrientes nas folhas podem ser observados nas Tabelas 17 e 18, respectivamente. Os gráficos das doses significativas estão presentes nas Figuras 10 e 11.

Não houve influência das doses nem dos dois tipos de solos para os teores de N, P e Fe nas folhas. Porém quando foi avaliado o acúmulo de P, este sofreu influência das doses de escória, sendo superior nas doses de 1200 e 2400 kg/ha. O teor de N pode ser considerado como deficiente (9-10g/kg), pois segundo Malavolta et al.(1997), valores adequados variam em torno de 21 -23 g/kg.

O solo foi o fator que influenciou os teores de K, S, Zn e o acúmulo de S, Zn, Fe e Mn. Com relação apenas ao teor, verifica-se que os valores foram superiores nas plantas do Neossolo Quartzarênico. Entretanto, quando se compara os acúmulos dos nutrientes, pode-se verificar a ocorrência do efeito de diluição/concentração, efeito amplamente relatado na literatura (Beverly, 1981), pois o Latossolo foi o responsável pelos maiores acúmulos nas folhas.

As doses e o tipo de solo influenciaram os teores de Ca, Mg, B e acúmulos de N, K, Ca, Mg e B, que, com exceção do teor de magnésio, foram superiores no Latossolo.

Houve interação significativa entre solo e doses para teor de Mn e teor e acúmulo de cobre. Verificando a Tabela 17, os altos teores de Mn no NQ influenciaram os valores foliares, alcançando teores considerados tóxicos, pois são muito elevados em relação aos teores considerados como adequados, conforme verificado por Gonçalves et al.(2000). A toxicidade mais encontrada em viveiros e jardim clonal tem sido a de Mn, sendo constatadas pela formação de “salpicos” adensados de pequenas pontuações escuras por todo o limbo foliar.

Conforme descrito por Silveira e Higashi (2003), o excesso de Mn provoca menor deposição de Ca na lamela média, resultando em menor estabilidade da parede

celular. Apesar disso, ao se observar os teores e acúmulos de Ca, estes estão adequados segundo Malavolta et al. (1997).

Se considerados os valores descritos por Malavolta et al (1997), os valores de N, K, Mg e Cu são considerados deficientes, apesar de não ter sido verificado em campo os sintomas de deficiência dos mesmos. Os teores de Cu sofreram influência linear e positiva no NQ, em função das doses de escória.

Os valores médios de N, K, Mg, B e Cu foram inferiores aos encontrados por Gonçalves et al.(2000) quando avaliou *E. grandis* com oito anos de idade, conduzidos em Latossolo vermelho amarelo. Por outro lado, Gonçalves et al (2000) , quando cita Silveira et al.(1995) verificaram altas produtividades ( $> 80 \text{ st ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) quando os valores de K nas folhas foram superiores a 6,4 g/Kg.

Tabela 17 . Teor de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
	----- g. kg <sup>-1</sup> -----												----- mg.kg <sup>-1</sup> -----									
0	9	10	1,1	1,3	7	7	5	6	2,0	1,0	1,2	1,0	12	16	3	3	142	222	1202	127	11	11
300	10	9	1,5	1,2	9	8	6	7	2,3	1,6	1,7	1,0	12	19	4	3	142	147	1783	115	13	12
600	10	10	1,2	1,3	8	5	6	9	2,2	1,6	1,5	1,2	13	18	4	4	139	142	1625	178	13	11
1200	9	9	1,2	1,2	8	5	6	9	2,0	1,6	2,0	1,2	13	19	5	3	160	155	1445	209	12	9
2400	10	9	1,3	1,3	9	7	6	8	2,0	1,6	2,0	1,0	14	18	5	3	152	158	1476	265	13	11
Média	9	10	1,3	1,3	6 b	8 a	5 b	8 a	2,1 a	1,5b	1,7 a	1,1b	13 b	18 a	4	3	147	165	1506 a	179 b	12 a	11 b
	C.V.%= 15,45		C.V.%= 37,03		C.V.%= 25,34		C.V.% = 21,94		C.V.%= 21,32		C.V.%= 43,08		C.V.%= 14,47		C.V.%= 20,17		C.V.%= 47,90		C.V.%= 25,51		C.V.%= 17,06	
	Solo (ns)		Solo (ns)		Solo*		Solo **		Solo **		Solo*		Solo **		Solo**Dose(ns)		Solo (ns)		Solo ** / Dose*		Solo *	
	Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose *		Dose *		Dose (ns)		Dose *		R.L.= 14,61 **		Dose (ns)		R.L.= 1,80 (ns)		Dose (ns)	
	Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		R. Q= 1,45(ns)		Solox Dose(ns)		R. Q. = 0,03 (ns)		Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

Tabela 18. Acúmulo de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
	-----gramas-----											-----miligramas-----										
0	0,6	0,7	0,3	0,3	1,4	1,6	0,9	1,3	0,14	0,15	0,15	0,16	2,5	3,6	0,5	0,5	12,1	14,3	203	26,4	3,4	6,3
300	0,6	0,7	0,2	0,3	1,0	1,7	0,7	1,0	0,11	0,13	0,14	0,16	2,1	3,3	0,4	0,5	15,5	13,9	153	11,3	3,4	5,0
600	0,5	0,7	0,2	0,3	0,9	1,3	0,6	1,2	0,10	0,14	0,13	0,17	2,0	3,1	0,2	0,5	8,5	14,1	166	16,9	3,1	4,4
1200	0,8	0,8	0,3	0,3	1,4	1,7	1,0	1,5	0,16	0,18	0,17	0,19	2,6	3,9	0,9	0,5	13,3	20,4	226	29,2	3,6	4,7
2400	0,7	0,8	0,3	0,3	1,3	1,9	0,8	1,6	0,14	0,18	0,15	0,18	3,1	4,3	0,5	0,4	12,7	17,9	165	39,5	3,7	5,1
Média	0,6 b	0,7 a	0,3	0,3	1,2 b	1,7 a	0,8 b	1,3 a	0,13b	0,16a	0,15b	0,17a	2,5 b	3,6 a	0,5	0,5	12,4b	16,1a	183 a	24,7 b	3,5 b	5,1 a
	C.V.%= 21,41		C.V.%= 18,25		C.V.%= 31,27		C.V.%= 25,35		C.V.%= 27,35		C.V.%= 20,46		C.V.%= 31,02		C.V.%= 50,49		C.V.%= 36,20		C.V.%= 41,09		C.V.%= 48,73	
	Solo*		Solo (ns)		Solo **		Solo **		Solo **		Solo *		Solo **		Solo (ns)		Solo **		Solo **		Solo **	
	Dose *		Dose **		Dose *		Dose **		Dose **		Dose (ns)		Dose *		Dose*		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)	
	Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		Solox Dose(ns)		R.L.= 1,00 (ns)		Solox Dose(ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)	
															R. Q. = 4,08 *							

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

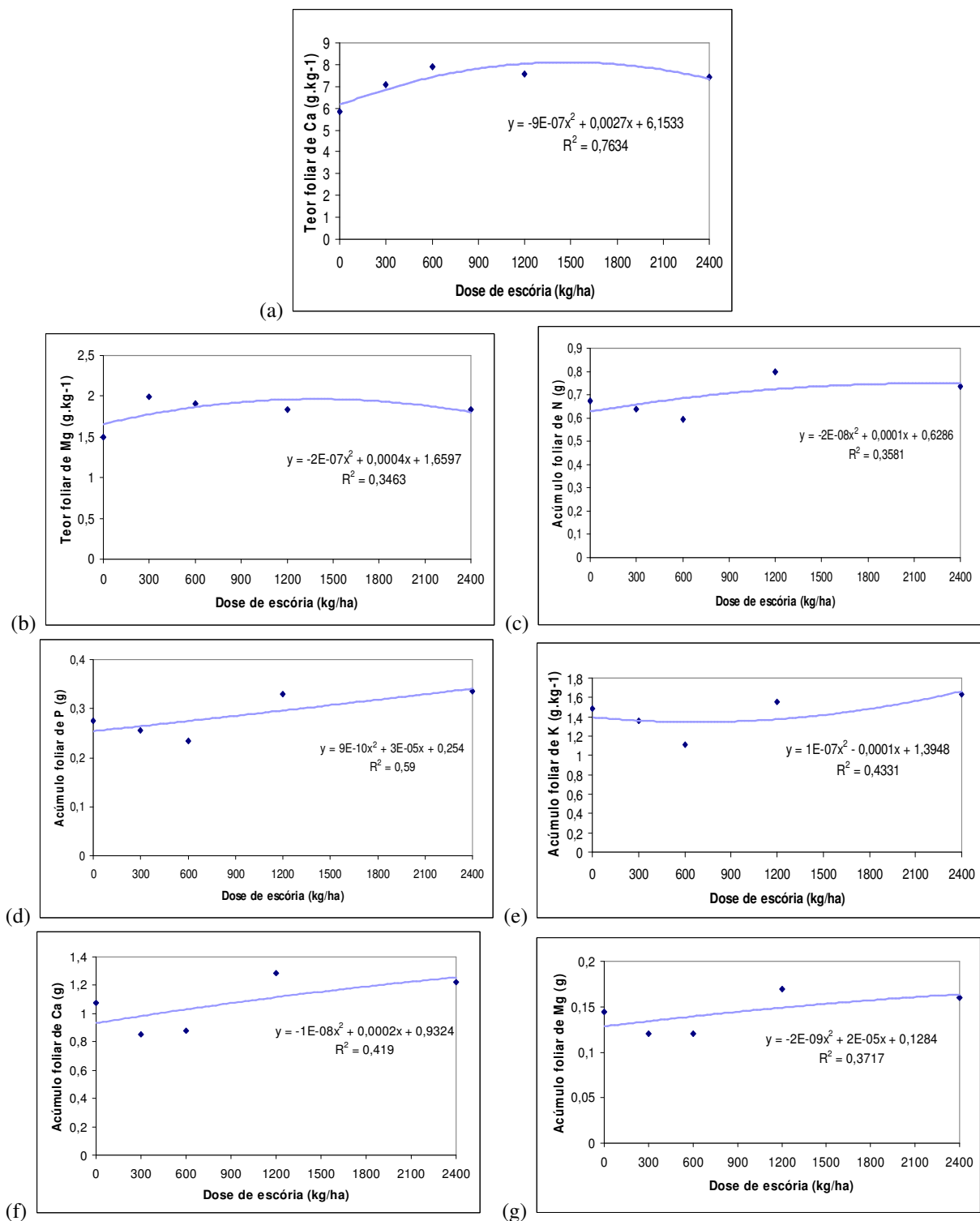


Figura 10. Teores médios de cálcio (a) e magnésio (b) e acúmulos médios de nitrogênio (c), fósforo (d), potássio (e), cálcio (f) e magnésio (g), em folhas de eucalipto de 6 meses de idade, em função da aplicação de doses crescentes de escória.

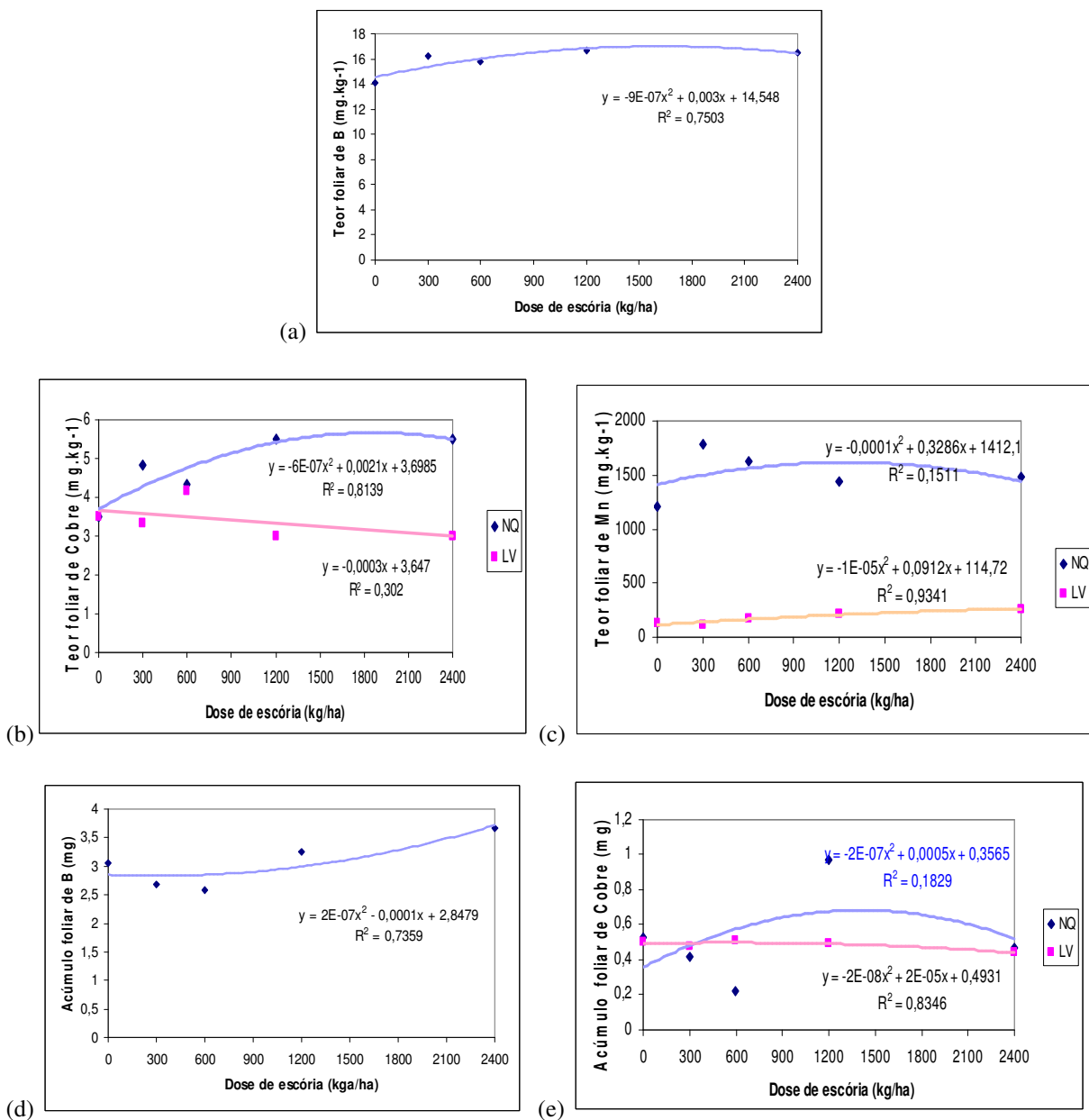


Figura 11. Teor médio de boro (a) e acúmulo médio de boro (d) em folhas de eucalipto de 6 meses de idade, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores de cobre (b) e manganês (c) e acúmulo de cobre (e) em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), conduzidos com eucalipto por 6 meses, em função da aplicação de doses crescentes de escória.

#### 6.1.4.2 Nutrientes nos galhos

Os resultados das análises químicas dos galhos podem ser observados nas Tabelas 19 e 20. As variáveis que foram significativamente alteradas pelas doses estão ilustradas nas Figuras 12 e 13.

Conforme Gonçalves *et al* (2000), embora existam referências sobre o acúmulo de nutrientes minerais, pouco se conhece a respeito da variação dos teores de nutrientes ao longo do comprimento, diâmetro e estágio dos galhos. Sabe-se que os galhos, principalmente os jovens, são importantes compartimentos de armazenamento.

Tanto os teores quanto os acúmulos de N e de S e o acúmulo de Zn não sofreram influência do solo nem das doses de escória.

Os teores e acúmulos de Mg e Mn e o teor de zinco foram superiores no NQ, enquanto que o teor de K foi superior no LV. O acúmulo de Boro foi superior na dose de 2400 kg/ha de escória para ambos os solos.

Houve influência do solo e das doses no teor de Fe, no acúmulo de Ca e Fe, apresentando maiores resultados no LV, com a aplicação da maior dose de escória.

Interações significativas entre solo e dose ocorreram nos teores de P, Ca, B, Cu e acúmulos de P e Cu. O acúmulo de P nos galhos foi linear e positivo em função da aplicação das doses crescentes de escória.

Apesar de estágios de desenvolvimento diferentes, os teores de N, K e Cu foram semelhantes aos encontrados por Gonçalves *et al.* (1997) quando mediram a concentração de nutrientes em galhos de *E. grandis* com oito anos de idade, plantados em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média.



Tabela 19 . Teor de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007).

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
----- g. kg <sup>-1</sup> -----												-----mg.kg <sup>-1</sup> -----										
0	4	4	2,4 a	1,9b	5	7	10	11	0,68	0,6	0,5	0,5	31 a	23 b	6 a	6 a	212	239	1737	64	26	29
300	4	4	2,9 a	1,7b	6	7	9	9	0,66	0,5	0,5	0,6	32 b	37 a	6 a	6 a	235	262	1740	72	30	27
600	4	4	2,9 a	1,9b	6	7	9	13	0,66	0,6	0,5	0,6	32 a	36 a	5 b	11 a	193	286	1710	126	29	26
1200	4	4	3,0 a	1,9b	6	7	10	14	0,73	0,6	0,5	0,6	33 a	35 a	5 b	12 a	243	270	1721	146	31	26
2400	3	3	3,1 a	1,9b	6	8	12	15	0,78	0,6	0,6	0,5	34 a	37 a	6 b	10 a	265	285	1614	228	29	27
Média	4	4	2,9 a	1,9b	6 b	7 a	10 b	12 a	0,7a	0,6b	0,5	0,6	32	34	5	9	229 b	268 a	1704a	127 b	29 a	27 b
	CV.%=18,85 Solo (ns) Dose (ns) SoloxDose_ns		C.V.%=12,86 Solo**/Dose * R.L.= 11,16** R. Q. = 4,92 *		C.V.%= 24,54 Solo *		C.V.%= 14,52 Solo ** Dose ** R.L.= 30,29** R.Q.=2,28(ns)		C.V.%= 17,13 Solo **		C.V.%= 11,28 Solo (ns)		C.V.%= 11,37 Solo(ns) / Dose** R.L.= 17,15 ** R. Q. =16,74 **		C.V.%= 23,70 Solo ** / Dose ** R.L.= 22,78** R. Q. = 33,82 **		C.V.%= 15,90 Solo ** Dose *		C.V.%= 27,57 Solo ** Dose (ns)		C.V.%= 12,15 Solo *	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.  
ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade /\*\*= significativo a 1% de probabilidade

Tabela 20. Acúmulo de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>C a</u>		<u>M g</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
	-----gramas-----											-----miligramas-----										
0	0,5	0,6	0,3 a	0,3 a	0,7	1,1	1,3	1,5	0,1	0,1	0,07	0,07	4,1	3,0	0,8a	0,9a	27,8	31,8	225,2	8,6	3,5	3,9
300	0,6	0,6	0,4 a	0,2 a	0,9	0,9	1,3	1,2	0,1	0,1	0,07	0,08	4,4	5,0	0,8a	0,8a	32,5	35,5	238,8	9,5	4,1	3,7
600	0,5	0,6	0,4 a	0,2b	0,9	0,9	1,2	1,6	0,1	0,1	0,07	0,07	4,3	4,5	0,7b	1,4a	25,7	35,5	227,6	15,3	3,9	3,3
1200	0,6	0,6	0,4 a	0,3b	0,9	1,0	1,5	1,9	0,1	0,1	0,07	0,08	4,8	5,1	0,8b	1,8a	34,9	38,7	245,6	20,7	4,4	3,7
2400	0,6	0,6	0,5 a	0,3b	0,9	1,2	1,8	2,2	0,1	0,1	0,09	0,08	5,3	5,5	0,9b	1,5a	41,3	41,9	249,6	33,7	4,5	3,9
Média	0,6	0,6	0,3b	0,4 a	0,9b	1,0 a	1,4b	1,7 a	0,1	0,1	0,07	0,08	4,6	4,6	0,8	1,3	32,4b	36,7a	237,4 a	17,5 b	4,1	3,7
	C.V.%= 22,52 Solo (ns) Dose (ns) SoloxDose (ns)		C.V.%= 20,10 Solo ** Dose * R.L.= 16,40 ** R.Q = 1,40_ns		C.V.%= 25,49 Solo * Dose (ns) SoloxDose (ns)		C.V.%= 17,92 Solo * Dose ** SoloxDose (ns)		C.V.%= 25,03 Solo ** Dose (ns) SoloxDose (ns)		C.V.%= 16,33 Solo (ns) Dose (ns) SoloxDose (ns)		C.V.%= 16,49 Solo (ns) Dose ** SoloxDose (ns)		C.V.%= 26,77 Solo ** Dose ** R.L.= 27,06 ** R.Q = 24,12 **		C.V.%= 22,04 Solo * Dose * Solox Dose_ns		C.V.%= 33,16 Solo ** Dose (ns) Solo x Dose (ns)		C.V.%= 19,35 Solo (ns) Dose (ns) Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

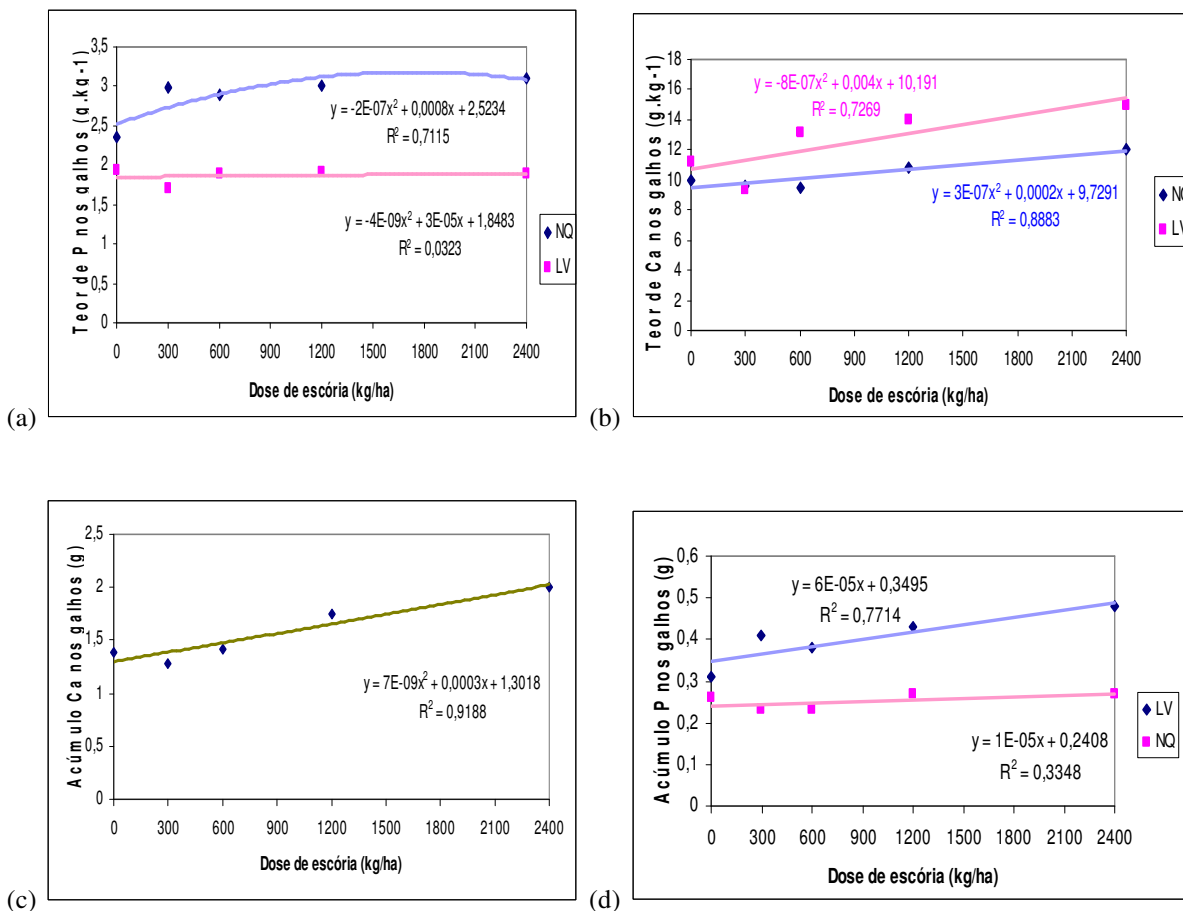


Figura 12. Ajuste da regressão para teores e acúmulos de fósforo (a) e (d) e teores de cálcio (b) em galhos de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória; Acúmulo médio de cálcio em galhos de eucalipto de 6 meses de idade, submetidos à aplicação de doses de escória.

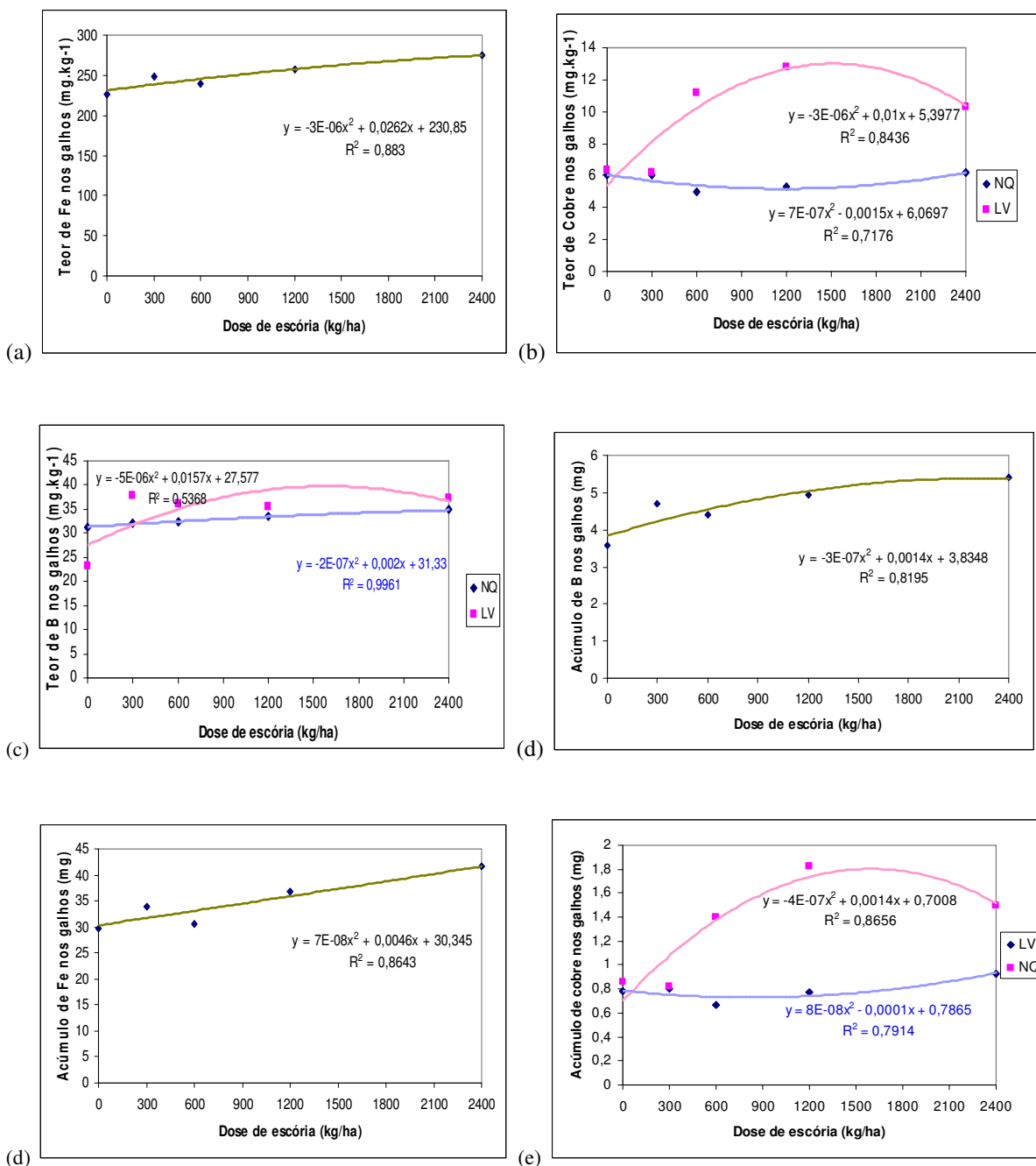


Figura 13. Teores médios de ferro (a), acúmulos médios de boro (d) e ferro (d) em galhos de eucalipto com 6 meses de idade, submetidos à aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores e acúmulos de cobre (“b” e “e”) e teor de boro (c) em galhos de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória

### 6.1.4.3 Nutrientes no tronco

Os resultados das análises químicas realizadas com o tronco podem ser verificados nas Tabelas 21 e 22 e os ajustes das regressões, na Figura 14.

A concentração dos nutrientes no tronco pode variar conforme a localização (casca, alborno e cerne), mas conforme descrito na metodologia, a análise nutricional não separou as partes.

Os teores de K, Mg, Fe e Zn e acúmulos de Mg, N, B, S, Fe e Zn não sofreram alterações no tronco nem em função dos solos nem da aplicação de doses de escória.

Para as análises químicas do tronco, as diferenças significativas aconteceram em função da influência do tipo de solo ou pela interação solo x dose.

Os teores de Ca e B e acúmulos de Ca e K foram maiores no LV, enquanto que o teor de N e acúmulo de P e Mn foram maiores no NQ. Com exceção do Ca, todos os demais elementos estão em acordo com os teores disponíveis observados na análise química dos solos realizada em agosto de 2007.

Houve interação significativa entre solo e tratamento para os teores de P, S, Cu, Mn e acúmulo de Cu. Da mesma forma que nos galhos, os teores de P no tronco foram lineares e positivos em função da aplicação das doses crescentes de escória.

Segundo Gonçalves *et al.* (2000), durante o processo da colheita florestal, o tronco é o componente que mais contribui na exportação de nutrientes do solo, mas não foi o verificado, pois comparando-se os acúmulos dos nutrientes nas folhas (Tabela 18), nos galhos (Tabela 20), no tronco (Tabela 22) e nas raízes (Tabela 24), verifica-se que os maiores acúmulos de nutrientes ocorreram nas raízes. Possivelmente estas diferenças justificam-se pelo estágio de desenvolvimento das plantas avaliadas nos experimentos.

Tabela 21. Teor de nutrientes em tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
	----- g. kg <sup>-1</sup> -----											----- mg. kg <sup>-1</sup> -----										
0	3	3	1,2 a	1,2 a	6	6	4	5	0,6	0,6	0,7 a	0,6 a	11	14	2 a	2 a	55	56	932 a	97 b	15	25
300	3	3	1,4 a	1,1b	5	7	4	4	0,6	0,5	0,8 a	0,7b	12	13	2 a	2 a	90	58	901 a	46 b	19	21
600	3	3	1,4 a	1,1b	5	6	3	5	0,6	0,6	0,8 a	0,7 a	12	13	1 a	2 a	55	62	1039 a	73 b	19	18
1200	3	2	1,6 a	1,1b	6	6	4	5	0,7	0,6	0,8 a	0,7 a	12	14	4 a	1 b	61	74	1050 a	108 b	16	16
2400	3	3	1,4 a	1,2 a	5	7	3	6	0,6	0,7	0,6 a	0,6 a	13	16	2 a	1 a	54	68	706 a	150 b	15	19
Média	3 a	3 b	1,4	1,1	6	6	4 b	5 a	0,6	0,6	0,7	0,7	12 b	14 a	2	1	63	64	926	95	17	20
	C.V.%= 17,68 Solo *		C.V.%= 14,78 Solo**/Dose-ns		C.V.%= 30,57 Solo (ns)		C.V.%= 23,86 Solo **		C.V.%= 24,58 Solo (ns)		C.V.%= 10,14 Solo**/Dose**		C.V.%= 22,47 Solo *		C.V.%= 49,82 Solo * Dose *		C.V.%= 42,45 Solo (ns)		C.V.%= 33,93 Solo **/ Dose_ns		C.V.%= 41,72 Solo (ns)	
	Dose (ns) SoloxDose_ns		R.L.= 4,50 * R.Q.=1,65(ns)		Dose (ns) SoloxDose_ns		Dose (ns) SoloxDose_ns		Dose (ns) SoloxDose_ns		R.L.= 12,12 ** R.Q.= 16,26**		Dose (ns) SoloxDose_ns		R.L= 0,11(ns) R. Q. = 7,60 *		Dose (ns) SoloxDose_ns		R.L.= 5,74 * R. Q. = 8,75 *		Dose (ns) Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.  
ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

Tabela 22. Acúmulo de nutrientes em tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
	----- gramas -----											----- miligramas -----										
0	0,56	0,64	0,23	0,26	0,76	1,08	0,78	1,08	0,13	0,14	0,14	0,14	2,3	3,0	0,49a	0,43 a	10,7	12,3	180,5	20,5	3,1	6,1
300	0,70	0,58	0,29	0,23	0,77	0,84	0,77	0,84	0,13	0,11	0,17	0,14	2,5	2,7	0,51 a	0,39 a	21,0	11,5	185,1	8,8	4,0	4,2
600	0,62	0,60	0,28	0,22	0,72	0,99	0,72	0,99	0,12	0,13	0,16	0,15	2,5	2,6	0,28 a	0,44 a	10,6	12,3	199,8	14,5	3,8	3,6
1200	0,78	0,53	0,34	0,21	1,01	1,07	1,01	1,03	0,16	0,12	0,17	0,13	2,6	2,6	1,01 a	0,34 b	12,6	13,5	219,4	20,1	3,5	3,2
2400	0,65	0,60	0,31	0,26	0,78	1,24	0,78	1,24	0,13	0,14	0,14	0,14	2,8	3,4	0,42 a	0,34 a	11,7	13,9	148,4	29,5	3,3	3,9
Média	0,66	0,59	0,29a	0,23b	0,81b	1,03a	0,81b	1,03a	0,13	0,13	0,16	0,14	2,5	2,9	0,54	0,39	13,3	12,6	186 a	18 b	3,6	4,2
	CV.%=28,91		C.V.%=25,03		C.V.%=26,47		C.V.%=26,47		C.V.%= 32,88		C.V.%= 26,13		CV.%=35,76		C.V.%= 59,23		C.V.%= 63,06		C.V.%= 40,98		C.V.%= 66,77	
	Solo (ns)		Solo **		Solo **		Solo **		Solo (ns)		Solo (ns)		Solo (ns)		Solo */ Dose *		Solo (ns)		Solo **		Solo (ns)	
	Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		R.L.= 0,22 (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)	
	SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		SoloxDose_ns		R. Q. = 7,15 *		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solox Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

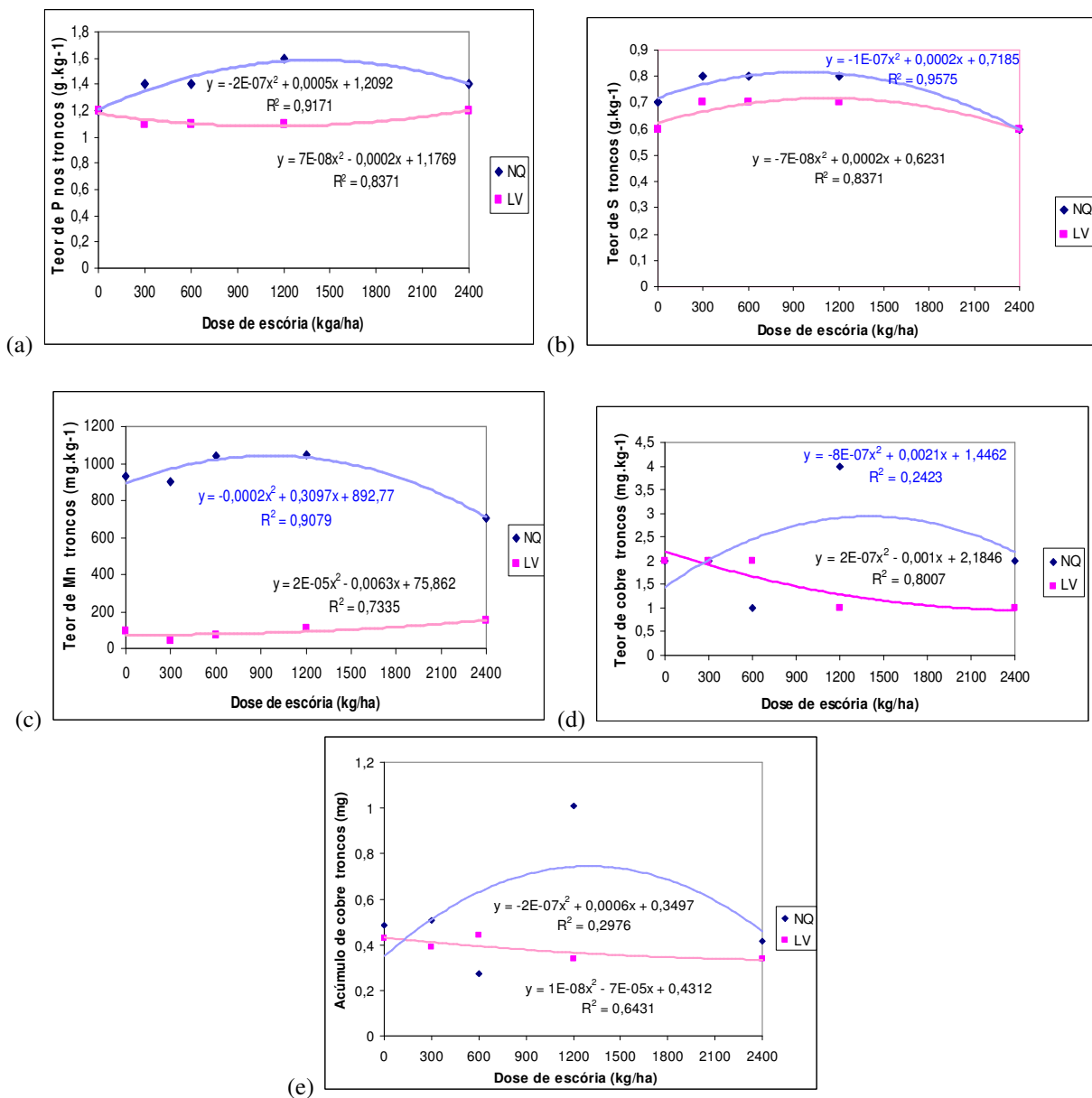


Figura 14. Ajuste da regressão para teores de fósforo (a), enxofre (b), manganês (c), cobre (d) e acúmulo de cobre (e) em troncos de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória.



#### 6.1.4.4 Nutrientes nas raízes

Os resultados das análises químicas das raízes estão apresentados nas Tabelas 23 e 24 e na Figura 15.

Os acúmulos de P, K, Fe, Cu e Zn não sofreram influência alguma de qualquer um dos fatores. Com relação ao solo, o Neossolo foi o fator que influenciou positivamente os teores e acúmulos de N, B e teores de P, K, Mg, S, Cu e acúmulo de Mn. Apenas o acúmulo de S foi superior no LV.

Os maiores teores de Ca e acúmulo de Ca e Mg nas raízes foram obtidos com a aplicação de 2400 kg/ha de escória.

Houve interação significativa entre os solos para os teores de Fe e Mn. Os teores de Mn foram significativamente superiores no NQ, enquanto que o acúmulo apenas mostrou tendência a ser superior, talvez devido ao alto coeficiente de variação. Os teores de Fe também foram superiores no NQ, mas apenas na testemunha e nas doses mais baixas de escória (até 600 kg/ha).

O maior crescimento das raízes (Tabela 13), também pode ser explicado pela fase de crescimento das plantas, onde Gonçalves *et al.*(2000 b) descrevem o que acontece antes do fechamento das copas, quando as plantas alocam grande quantidade de fotoassimilados e nutrientes existentes em sua copa para a síntese de raízes.

Tabela 23. Teor de nutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
	----- g. kg <sup>-1</sup> -----												----- mg.kg <sup>-1</sup> -----									
0	5	4	1,7	1,1	5	5	7	6	0,8	0,5	1,2	0,9	33	68	14	7	4608a	2990b	472a	27b	26	13
300	4	5	1,6	1,2	5	4	8	6	0,8	0,4	1,0	0,9	34	60	13	10	3616a	2473 b	536a	30b	27	12
600	5	4	1,8	1,2	5	4	9	8	0,8	0,5	1,2	0,9	38	56	13	13	4755a	2373 b	590a	37b	21	25
1200	5	5	1,7	1,3	5	4	8	7	0,8	0,5	1,0	1,0	33	82	11	9	3446a	4373 a	540a	69b	21	22
2400	53	4	1,8	1,3	5	4	11	11	0,9	0,6	1,1	0,9	36	76	9	9	3371a	3208 a	394a	92b	19	19
Média	5 a	4 b	1,7a	1,2b	5 a	4 b	9	8	0,8a	0,5b	1,1a	0,9b	35 a	68 b	12 a	10 b	3959	3083	506	51	23	18
	C.V.%=11,05		C.V.%=13,47		C.V.%=13,6		C.V.%=26,24		C.V.%=21,50		C.V.%=14,15		C.V.%=35,78		C.V.%=35,87		C.V.%= 37,89		C.V.%= 22,91		C.V.%=49,35	
	Solo *		Solo **		Solo **		Solo (ns)		Solo **		Solo **		Solo **		Solo *		Solo * / Dose (ns)		Solo** Dose *		Solo (ns)	
	Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose **		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		R.L.= 1,43 (ns)		R.L.= 11,87 **		Dose (ns)	
	SoloxDose_ns		SoloxDose_ns		SoloxDose_ns		SoloxDose_ns		SoloxDose_ns		SoloxDose_ns		SoloxDose_ns		SoloxDose_ns		R. Q. = 1,31 (ns)		R.Q= 18,86 **		SoloxDose_ns	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.  
ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade/ \*\*= significativo a 1% de probabilidade

Tabela 24. Acúmulo (mg) de nutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) submetidos à aplicação de doses crescentes de escória granulada, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	<u>N</u>		<u>P</u>		<u>K</u>		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>S</u>		<u>B</u>		<u>Cu</u>		<u>Fe</u>		<u>Mn</u>		<u>Zn</u>	
	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>	<u>NQ</u>	<u>LV</u>
	----- gramas -----											-----miligramas -----										
0	1,3	1,6	0,39	0,36	1,2	1,7	1,7	2,3	0,18	0,16	0,47	0,67	7,8	22,1	3,4	2,5	1087	978	111	8	6,1	4,3
300	1,2	1,8	0,38	0,41	1,3	1,6	2,0	2,5	0,19	0,15	0,49	0,72	8,5	20,8	3,4	2,8	855	867	130	10	6,8	4,6
600	1,2	1,6	0,39	0,39	1,2	1,5	2,1	2,5	0,19	0,16	0,46	0,65	8,6	19,2	2,4	3,9	1043	769	136	11	4,8	6,7
1200	1,4	1,6	0,48	0,43	1,4	1,4	2,3	2,5	0,21	0,17	0,55	0,65	9,3	25,9	2,9	3,0	932	1407	147	22	5,8	7,1
2400	1,6	1,5	0,55	0,39	1,5	1,3	3,6	3,5	0,27	0,20	0,61	0,61	11	23,1	2,7	2,8	1034	959	117	27	5,7	5,7
Média	1,3 b	1,6 a	0,44	0,39	1,3	1,5	2,4	2,6	0,20a	0,16b	0,51b	0,66a	9,1 b	22 a	3,1	3,2	990	996	128 a	16 b	5,8	5,7
	C.V.%= 23,87		C.V.%= 28,87		C.V.%= 25,77		C.V.%= 38,34		C.V.%= 29,61		C.V.%= 23,28		C.V.%=39,5		C.V.%=33,02		C.V.%= 38,96		C.V.%= 37,36		C.V.%= 46,94	
	Solo *		Solo (ns)		Solo (ns)		Solo (ns)		Solo *		Solo **		Solo **		Solo (ns)		Solo (ns)		Solo **		Solo (ns)	
	Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose **		Dose *		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)	
	SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		SoloxDose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		SoloxDose_ns		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solox Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

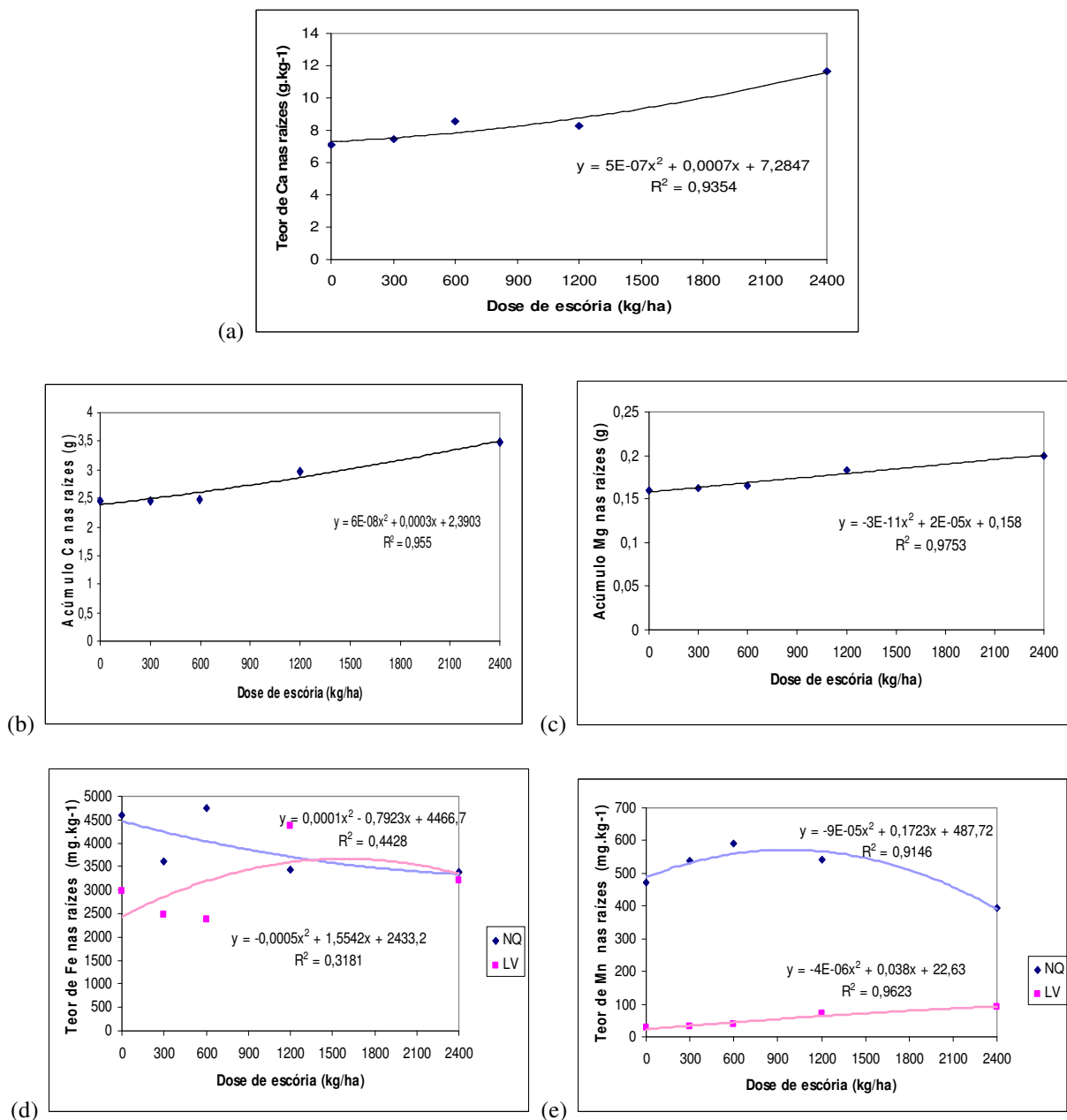


Figura 15. Teor médio de cálcio (a); acúmulo médio de cálcio (b) e magnésio (c), em raízes de eucalipto com 6 meses de idade, plantados em Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico, em função da aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para teores médios de ferro (d) e manganês (e) em raízes de eucalipto com 6 meses de idade, plantados em Latossolo (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória.

### 6.1.5 Silício no solo e na planta

O teor de Si no solo sofreu influência das doses e do tipo de solo, não havendo interação entre essas variáveis. O Neossolo apresentou os menores resultados em comparação com o Latossolo (Tabela 25 e Figura 16). Esses teores, porém, são muito inferiores aos encontrados por Mauad (2006) quando avaliou solos para condução de arroz.

Os resultados das análises de Si nas diferentes partes das plantas podem ser observados nas Tabelas 26 e 27 e Figura 16.

Analisando-se os teores de Si nas folhas e no tronco, observa-se que houve interação significativa entre as doses e o solo; entretanto quanto ao acúmulo, os resultados foram significativos apenas para o solo, apresentando valores superiores no Latossolo. Apenas como efeito de comparação, Alvarez (2003) obteve valores entre 24,3 à 28,2 g de Si por Kg de massa seca de folha bandeira de arroz tratadas com Si, evidenciando assim a grande diferença dos resultados obtidos com uma planta considerada como acumuladora de Si.

Os teores e acúmulos de Si nos galhos não sofreram influência do solo nem das doses. O maior acúmulo de Si foi encontrado nas raízes, fato também observado por Carvalho (2003) quando estudou a absorção e translocação do Si em mudas de eucalipto.

Tabela 25. Teor de Silício em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à 6 meses de plantio com eucalipto, em função de aplicação de doses de escória, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	Silício Solo (ppm)	
	NQ	LV
0	2,3	3,0
300	2,0	3,0
600	2,7	3,3
1200	2,5	3,2
2400	2,8	3,0
Média	2,5 b	3,1 a

C.V.%= 13,38  
Solo \*\* / Dose \* / Solo x Dose (ns)

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo /\*= significativo a 5% de probabilidade/

\*\*= significativo a 1% de probabilidade

Tabela 26. Porcentagem de Silício em folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) conduzidos em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função da aplicação de escória, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	Teor de Si (%)							
	Folha		Galho		Tronco		Raiz	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	0,4 a	0,3 a	0,7	0,5	0,3 b	0,4 a	0,9	0,7
300	0,5 a	0,4 a	0,6	0,5	0,3 b	0,4 a	0,9	0,8
600	0,5 a	0,5 a	0,5	0,3	0,3 b	0,4 a	1,1	0,9
1200	0,4 b	0,8 a	1,0	0,5	0,3 a	0,4 a	0,9	0,7
2400	0,4 a	0,5 a	0,6	0,7	0,3 b	0,6 a	1,0	0,6
Média	0,5	0,5	0,7	0,5	0,3	0,4	1,0 a	0,8 b
	C.V.%= 21,62		C.V.%= 78,46		C.V.%= 16,72		C.V.%= 24,85	
	Solo * / Dose **		Solo (ns) / Dose (ns)		Solo **/ Dose *		Solo ** / Dose (ns)	
	R. L.= 15,12 **		Solo x Dose (ns)		R. L.= 26,09		Solo x Dose (ns)	
	R.Q.=37,79 **				**/R.Q.=21,46 **			

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

Tabela 27. Acúmulo (mg) de Silício em folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função da aplicação de doses de escória de siderurgia, no município de Botucatu/SP (2007)

Dose de escória (kg/ha)	Acúmulo de Si (mg)									
	Folha		Galho		Tronco		Raiz		Total	
	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV	NQ	LV
0	1056	867	959	606	631	891	2302	2264	4948	4628
300	576	1087	837	637	606	754	2306	3072	4325	5550
600	670	1297	478	424	571	739	2518	2924	4237	5384
1200	422	2213	1547	742	669	651	2508	2366	5146	5972
2400	980	1422	939	992	518	1141	3046	1829	5483	5384
Média	741 b	1377 a	1006	680	599 b	835 a	2536	2491	4828 b	5384 a
	C.V.%= 37,64		C.V.%= 87,12		C.V.%=25,80		C.V.%= 29,23		C.V.%= 82,18	
	Solo *		Solo (ns)		Solo **		Solo (ns)		Solo (*)	
	Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)		Dose (ns)	
	Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)		Solo x Dose (ns)	

Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

ns= não significativo / \*= significativo a 5% de probabilidade / \*\*= significativo a 1% de probabilidade

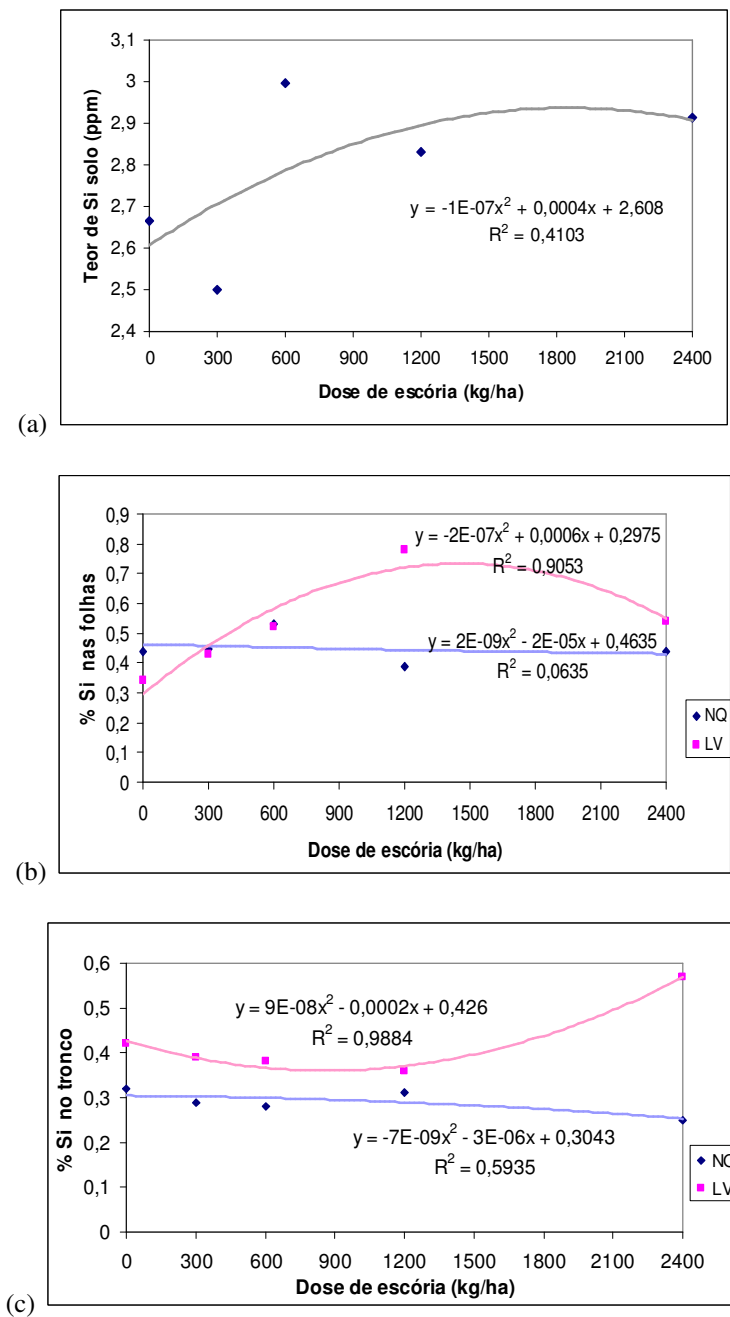


Figura 16. Teores médios de silício em solos (a) cultivados com eucalipto por 6 meses, conduzidos em Latossolo (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), submetidos à aplicação de doses crescentes de escória; Ajuste da regressão para porcentagem de silício em folhas (b) troncos (c) de eucalipto de 6 meses de idade, plantados em Latossolo (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), em função da aplicação de doses crescentes de escória.

## **6.2 EXPERIMENTO 2 – Comparação da escória com calcário**

### **6.2.1 Atributos químicos do solo**

Os resultados das análises químicas do solo realizadas três meses após a implantação do experimento estão descritos nas Tabelas 28 e 29.

O teor de P foi o único parâmetro avaliado que não sofreu influência do tipo de solo, apenas dos diferentes tratamentos, no caso, da aplicação de NPK + calcário. O fósforo é um dos nutrientes mais limitantes para o crescimento vegetal e cada espécie tem necessidades diferentes, de acordo com os resultados obtidos em março (3 meses), os teores estão adequados ao eucalipto (RAIJ et al., 1997).

O pH, os teores de Ca e Mg e, conseqüentemente SB e V% foram superiores no Neossolo na aplicação de calcário, exceto os teores de K, maiores na testemunha e na aplicação de NPK + escória.

O Latossolo apresentou maiores valores de M.O., H +Al e CTC, o que era esperado pelas próprias características físicas e químicas deste solo. Neste solo, o maior valor de M.O. na testemunha indica que as aplicações de NPK, NPK + calcário e NPK + escória promoveram a mineralização, fato não ocorrido no Neossolo Quartzarênico.

Os resultados das análises químicas de solo realizadas no encerramento do experimento estão disponíveis nas Tabelas 30, 31 e 32.



O pH foi o único índice que não sofreu influência do tipo de solo, apenas dos tratamentos. Para o Neossolo, os tratamentos NPK + calcário e NPK + escória foram estatisticamente superiores.

Os teores de K, Ca, Mg, SB, Cu, Mn, Zn e V% foram superiores no NQ. Para Ca, Mg, SB, Cu e Fe não houve diferença significativa entre os tratamentos para ambos os solos. Na média dos solos, os maiores teores de K foram encontrados no NQ, sendo que a aplicação de NPK + escória foi o tratamento que promoveu os maiores teores. No LV, apenas a testemunha foi inferior aos demais tratamentos para os teores de K.

No Neossolo, aos seis meses de condução do experimento, os menores teores de Mn ocorreram com a aplicação de NPK + escória, e os menores teores de Zn com a aplicação de NPK. Conforme citado em Barros et al. (1990), a solubilidade do Mn em solos ácidos é elevada, o que aumenta a sua disponibilidade. Entretanto, no Neossolo, com a aplicação da escória, houve redução dos teores de Mn devido ao maior pH, embora isso não tenha ocorrido no tratamento com NPK + calcário. No Latossolo, o tratamento NPK + escória apresentou os maiores teores do elemento.

No Latossolo foram obtidos os maiores valores de M.O., P, H+Al, CTC, B e Fe. Sendo que o Fe não sofreu influência de nenhum tratamento. A aplicação de NPK promoveu os maiores valores de M.O. ( $27 \text{ g/dm}^3$ ); a acidez potencial e a CTC foram maiores no tratamento NPK e NPK + escória. Na testemunha e na aplicação de NPK + escória obteve-se maiores teores de B no solo. Apesar desses teores obtidos neste experimento, estes são considerados baixos (RAIJ et al., 1997).

Como pode ser observado na Tabela 32, a disponibilidade de Fe para as plantas é mais elevada em solos ácidos, e com a aplicação da NPK + escória, houve diminuição de sua disponibilidade, embora não tenha ocorrido com a aplicação de NPK + calcário.

Conforme esperado, houve maior disponibilidade de P quando se aplicou NPK e se corrigiu o pH com aplicação do calcário ou da escória, pois conforme cita Carvalho (1999), o poder de neutralização (PN) do  $\text{CaSiO}_3$  equivale geralmente à 80% do PN do  $\text{CaCO}_3$ .

Tabela 28. Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) aos 3 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (março/2007)

Tratamento	pH (CaCl <sub>2</sub> )			M.O. (g/dm <sup>3</sup> )			Presina (mg/dm <sup>3</sup> )			H+Al			K (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	4,7 Ba	4,1 Cb	4,4 BC	5 Ab	27 Aa	16 A	13 B	3 B	8 B	21 Ab	85 Aa	53 A	0,8 Aa	0,5 Ab	0,7 A
NPK	4,5 Ca	4,1BCb	4,3 C	5 Ab	21 Ba	14 B	49 A	54 A	42 a	25 Ab	81 Aa	53 A	0,7 Aa	0,6 Aa	0,6 A
NPK + Calcário	5,6 Aa	4,4 Ab	5,0 A	5 Ab	22 Ba	13 B	61 A	40 A	50 A	15 Bb	58 Ca	36 C	0,7 Aa	0,6 Aa	0,6 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	4,7 Ba	4,3 ABb	4,4 B	6 Ab	18 Ca	12 B	52 A	34 A	52 A	22 Ab	71 Ba	49 B	0,8 Aa	0,5 Ab	0,6 A
Média	4,9 a	4,2 b		5 b	22 a		43	33		20 b	73 a		0,7 a	0,5 b	
	C.V.%= 3,53			C.V.%= 13,41			C.V.%= 50,55			C.V.%= 7,43			C.V.%= 20,81		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 29. Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) Latossolo Vermelho (LV) aos 3 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (março/2007)

Tratamento	Ca			Mg			SB			CTC			V%		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----														
Testemunha	7 Ca	2 Cb	4 D	3 Ba	1 Bb	2 B	12 Ca	3 Cb	7 C	33 Bb	88 Aa	61 A	37 BCa	4 Cb	20 B
NPK	9 Ca	4 BCb	6 C	3 Ba	1 Bb	2B	12 Ca	5 ABb	9 C	38 Ab	86 Aa	62 A	33 Ca	6 BCb	20 B
NPK + Calcário	16 Aa	10 Ab	13 A	6 Aa	3 Ab	5 A	23 Aa	14 Ab	18 A	38 Ab	73 Ca	55 B	60 Aa	20 Ab	40 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	12 Ba	6 Bb	8 B	3 Ba	1 Bb	2 B	15 Ba	7 Bb	11 B	37 Ab	79 Ba	60 A	41 Ba	9 Bb	23 B
Média	11 a	5 b		4 a	1 b		16 a	7 b		36 b	81 a		43 a	10 b	
	C.V.%= 23,76			C.V.%= 25,64			C.V.%= 20,38			C.V.%= 4,89			C.V.%= 17,46		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 30. Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) aos 6 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (agosto/2007)

Tratamento	pH (CaCl <sub>2</sub> )			M.O. (g/dm <sup>3</sup> )			Presina (mg/dm <sup>3</sup> )			H+Al			K (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	3,9 B	4,0 A	4,0 A	8 Ab	27 Aa	18 A	8 Ba	2 Ca	5 C	28 Ab	94ABa	61 AB	0,6 Ba	0,3 Bb	0,5 B
NPK	3,9 B	4,0 A	3,9 A	9 Ab	27Aa	18 A	22 Aa	29 Ba	25 B	32 Ab	100Aa	66 A	0,7 Ba	0,5 Ab	0,6 A
NPK + Calcário	4,1AB	4,0 A	4,0 A	9 Ab	26ABa	18 A	28 Ab	40 Aa	34 A	28 Ab	88 Ba	58 B	0,6 Ba	0,4 Ab	0,5 B
NPK+ 2400kg escória/ha	4,2 A	3,9 A	4,1 A	8 Ab	25 Ba	16 A	26 Ab	38ABa	32 AB	28 Ab	98ABa	63 AB	0,8 Aa	0,4ABb	0,6 A
Média	4,0	4,0		8 b	26 a		21 b	27 a		29 b	95 a		0,7 a	0,4 b	
	C.V.%= 6,55			C.V.%= 11,65			C.V.%= 34,16			C.V.%= 14,55			C.V.%= 19,12		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31. Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) aos 6 meses após o plantio de eucalipto, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (agosto /2007)

Tratamento	Ca			Mg			SB			CTC			V%		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----														
Testemunha	4 Aa	2 Aa	3 A	1 Aa	1 Aa	1 A	6 Aa	3 Aa	4 A	34Ab	97 BCa	66 B	18ABa	3 Ab	11 A
NPK	6 Aa	4 Ab	5 A	1 Aa	1 Aa	1 A	6 Aa	5 Aa	6 A	39Ab	106 Aa	72 A	16 Ba	6 Ab	11 A
NPK + Calcário	6 Aa	4 Ab	5 A	1 Aa	1 Ab	1 A	9 Aa	5 Aa	7 A	37Ab	94 Ca	65 B	23ABa	5 Ab	14 A
NPK+ 2400kg escória/ha	7 Aa	2 Ab	5 A	1 Aa	1 Aa	1 A	9 Aa	4 Ab	7 A	38Ab	102ABa	70 AB	26 Aa	4 Ab	15 A
Média	5,6 a	3,4 b		1 a	1 b		7 a	4 b		37 b	100 a		21 a	5 b	
	C.V.%= 64,26			C.V.%= 48,93			C.V.%= 58,14			C.V.%= 9,33			C.V.%= 59,75		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 32. Resultados da análise química de Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) conduzidos com eucalipto durante 6 meses, submetidos à aplicação de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (agosto /2007)

Tratamento	Boro			Cobre			Ferro			Manganês			Zinco		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
-----mg/dm <sup>3</sup> -----															
Testemunha	0,15 Ab	0,19Ba	0,17	1,5 Aa	0,7 Ab	1,1	46 Ab	85 Aa	66	17,4Aa	0,1 Ab	8,8 A	0,4 Aa	0,2 Ab	0,3 AB
NPK	0,14ABb	0,2ABa	0,17	1,5 Aa	0,7 Ab	1,1	47 Ab	86 Aa	66	17,0Aa	0,1 Ab	8,5 A	0,3 Ba	0,2 Ab	0,2 B
NPK + Calcário	0,13 Bb	0,2ABa	0,16	1,4 Aa	0,6 Ab	1,0	42 Ab	83 Aa	62	17,6Aa	0,1 Ab	8,9 A	0,4 Aa	0,2 Ab	0,3 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	0,14ABb	0,21Aa	0,17	1,5 Aa	0,7 Ab	1,1	36 Ab	80 Aa	58	11,5Ba	0,3 Ab	5,9 B	0,5 Aa	0,2 Ab	0,3 A
Média	0,14 b	0,20 a		1,5 a	0,7 b		43 b	84 a		15,9 a	0,1 b		0,4 a	0,2 b	
	C.V.%= 9,22			C.V.%= 10,73			C.V.%= 18,94			C.V.%= 28,61			C.V.%= 29,75		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

## **6.2.2 Efeito no Crescimento das plantas**

### **6.2.2.1 Produção de massa de folhas, área foliar e teor de clorofila**

A massa verde, massa seca de folhas e área foliar foram superiores no LV e os tratamentos que se mostraram superiores foram o NPK e a aplicação de NPK + 2400kg/ha de escória (Tabela 33). O teor de clorofila não sofreu influência do tipo de solo e os maiores teores foram obtidos na testemunha, visto que o valor está relacionado com o efeito de concentração, em função do teor de nitrogênio nas folhas (Tabela 40), observando-se correlação de 0,76 entre o teor de clorofila e os teores de nitrogênio nas folhas (dados não apresentados).

Para o NQ, com a aplicação de NPK + escória, a massa verde de folhas, foi 39% maior que a aplicação de NPK + calcário e quando secas, esse valor passou a ser 24% maior.

Extrapolando os resultados deste experimento para hectare, em um espaçamento 3 x 2m (equivalente à 1666 plantas por hectare), comparando a aplicação de calcário com a de escória, na média, ocorreria um aumento de 164kg/ha na massa verde e 10 kg/ha de massa seca de folhas com a aplicação de 2400 kg/ha. A produção de folhas está diretamente relacionada com o potencial fotossintético da planta, cujos resultados também podem ser confirmados pela área foliar, superior com a aplicação de NPK + escória. Na média, a área foliar mostra tendência de aumentar com as maiores doses de escória.

Tabela 33. Produção de massa verde, massa seca, área foliar e teor de clorofila de folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	Massa verde folhas (g)			Massa seca folhas (g)			Área foliar (cm <sup>2</sup> )			Teor de clorofila (ICV-SPAD)		
	NQ	LV	Média	NQ	LV	Média	NQ	LV	Média	NQ	LV	Média
Testemunha	215 Aa	193 Ba	194 C	105 Ca	83 Ca	94B	17089 A	14937 Ba	6013 C	39,83 Ab	47,33 Aa	43,58 A
NPK	497 Aa	529 Aa	513 AB	232 Aa	253 Ba	242 A	16115Ba	18720 Aa	17418 A	38,17 Aa	37,50 Ba	37,83 B
NPK + Calcário	339Bb	575 Aa	457 B	177Bb	306 Aa	242A	17124Ab	19370 Aa	13247 B	38,67 Aa	37,17 Ba	37,92 B
NPK+ 2400kg escória/ha	549 Aa	564 Aa	556A	235 Aa	263 Ba	248 A	18480Aa	19407 Aa	18943 A	35,50 Aa	37,33 Ba	36,42 B
Média	400 b	460 a		187 b	226 a		12201 b	15608 a		38,50 a	39,38 a	
	C.V.%= 16,76			C.V.%= 17,49			C.V.%= 22,45			C.V.%= 11,64		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

### 6.2.2.2 Produção de massa de galhos

A massa verde dos galhos foi superior no NQ em relação o LV, embora de forma significativa apenas na testemunha. Na avaliação de massa seca essa diferença não ocorreu. No LV, a testemunha sempre foi significativamente inferior aos demais tratamentos, tanto para massa verde como para massa seca (Tabela 34).

Apesar de não significativa, a aplicação de escória aumentou 10% a produção de massa seca dos galhos quando comparada com a aplicação de calcário, quando conduzidos no Neossolo. Tanto a massa seca como a massa verde dos galhos tenderam a aumentar, embora não de forma significativa, com as doses de escória, para ambos os solos.

A produção de galhos do experimento está acima dos resultados obtidos por Guerrini (1990), quando avaliou por 6 meses o crescimento de *E. grandis* submetidos à diferentes formas de aplicação de N. Com base nos resultados deste experimento, calculando-se para 1 hectare, em um espaçamento 3 x 2m (equivalente à 1666 plantas por hectare), os resultados da produção de galhos indicam que apesar de não significativa, a aplicação de 2400 kg/ha de escória promoveu um aumento de 54 kg/ha à mais que o tratamento calcário e, quando avaliada a massa seca de galhos, 15 kg/ha a mais .

Tabela 34. Massa dos galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	Massa verde galhos (g)			Massa seca galhos (g)		
	NQ	LV	Média	NQ	LV	Média
Testemunha	123 Ba	36 Bb	79 C	54 Aa	18 Bb	36 B
NPK	296 Aa	257 Aa	277 B	130 Aa	133 Aa	132 A
NPK + Calcário	301 Aa	281 Aa	291 AB	138 Aa	144 Aa	141 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	350 Aa	296 Aa	323 A	153 Aa	146 Aa	150 A
Média	267 a	218 b		119 a	110 a	
	C.V.%= 22,30			C.V.%= 19,59		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

### 6.2.2.3 Produção de massa de tronco

No NQ foram encontrados os maiores valores de massa verde dos troncos, embora apenas a testemunha tenha sido significativamente inferior em relação aos demais tratamentos (Tabela 35). Quando submetidas à secagem, não houve diferença entre os tipos de solo para a massa do tronco.

Apesar de não significativa, a aplicação de escória aumentou 11% a produção de massa seca no tronco quando conduzidos no NQ em relação ao calcário e 8% quando conduzidas no Latossolo, diferença esta representativa para povoamentos florestais, pois indicam um incremento na produtividade, em média, cerca de 10%.

Comparando-se os resultados da massa dos troncos das testemunhas, foram aproximadamente 4 vezes inferior aos encontrados por Guerrini (1990), quando avaliou por 6 meses o crescimento de *E. grandis* submetidos à diferentes formas de aplicação de N.

Apesar da diferença entre os tratamentos não ser significativa, sendo superior apenas à testemunha, ao calcular os valores da produção de tronco para 1 hectare (equivalente à 1666 plantas), o incremento em massa do tronco proporcionado pela aplicação de 2400 kg/ha de escória em relação ao calcário, seria de 68 kg/ha para o tronco verde e de 33 kg/ha para o tronco seco.

Tabela 35. Massa dos troncos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	Massa verde tronco (g)			Massa seca tronco(g)		
	NQ	LV	Média	NQ	LV	Média
Testemunha	312 Ba	82 Bb	197 B	60 B	30 B	45 B
NPK	633 Aa	588 Aa	610 A	194 A	214 A	204 A
NPK + Calcário	612 Aa	536 Aa	574 A	191 A	185 A	188 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	674 Aa	555 Aa	615 A	214 A	201 A	208 A
Média	558 a	440 b		165	157	
	C.V.%= 23,56			C.V.%= 31,86		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.



#### 6.2.2.4 Produção de massa de raízes

Os tratamentos não apresentaram diferenças em função do tipo de solo em relação à massa verde e massa seca das raízes. Apenas a testemunha foi significativamente inferior aos demais tratamentos, mas não para a massa seca no LV. O fato dos valores da testemunha serem muito inferiores aos demais tratamentos, pode ter sido responsável por não permitir que se diferencie estatisticamente os demais tratamentos, visto que ela altera significativamente as comparações de média (Tabela 36).

Ao calcular os valores da produção de raízes para 1 hectare (equivalente à 1666 plantas), o incremento em massa seca de raízes proporcionado pela aplicação da dose de 2400 kg/ha de escória em relação ao calcário é de 43 kg/ha.

Na média, a massa seca das raízes foi superior à massa do tronco (Tabela 35), fato explicado por Gonçalves *et al.*(2000 b) conforme observado e explicado no experimento 1.

Tabela 36. Massa (g) das raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	Massa Verde raiz (g)			Massa Seca raiz (g)		
	NQ	LV	Média	NQ	LV	Média
Testemunha	607 Ab	216 Bb	412 B	72 Ca	123 Ab	97 B
NPK	861 ABa	1160 Aa	1010 A	234 Bb	333 Aa	284 A
NPK + Calcário	1075 Aa	1249 Aa	1162 A	255 ABa	299 Aa	277 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	1019 Aa	1001 Aa	1010 A	302 Aa	304 Aa	303 A
Média	890 a	907 a		228 a	252 a	
	C.V.%= 34,04			C.V.%= 22,20		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 6.2.2.5 Produção de massa seca total

Quando avaliou-se a massa seca total das plantas no NQ (Tabela 37), a testemunha foi inferior ao tratamento NPK + calcário, sendo a aplicação de NPK + escória o tratamento que promoveu a maior produção total.

Apesar de não significativa, mas em função dos resultados obtidos, extrapolando para 1 hectare (com espaçamento 3 x 2m, equivalente à 1666 plantas), em média, a massa seca total de plantas foi 162kg superior com a aplicação de NPK + escória se comparada com a massa total obtida com a aplicação de NPK + calcário.

Tabela 37. Massa seca (g) total plantas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

SOLO	Testemunha	NPK	Calcário	2400 ton/ha Escória	Média
NQ	340 Ca	791 ABa	680 Bb	892 Aa	676 a
LV	203 Ba	934 Aa	934 Aa	916 Aa	747 a
Média	272 B	863 A	807 A	904 A	
C.V.% = 17,58					

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

### 6.2.3 Crescimento em altura e diâmetro

Os resultados do crescimento em altura e diâmetro podem ser observados nas Tabelas 38 e 39.

Na média das medições de altura, apenas na 3<sup>a</sup> medição os solos mostraram diferença significativa, sendo superior no LV. Quando analisa a influência dos tratamentos, não diferiram entre si, apenas a testemunha foi inferior aos demais em todas as medições. Apesar disso, os valores são superiores aos encontrados por Leles *et al.* (2001) que, entre outros fatores, avaliaram o crescimento de mudas de *E. grandis* provenientes de blocos prensados e tubetes, obtendo uma altura média em torno de 1,53 e 1,05 m aos 6 meses de idade.

Para as medições de diâmetro (Tabela 39), somente na 6<sup>a</sup> medição os solos mostraram diferença significativa, sendo superior no NQ. Da mesma forma que a altura, quando se compara a influência dos tratamentos no crescimento em diâmetro das mudas, apenas a testemunha foi inferior aos demais tratamentos em todas as medições realizadas. Os resultados foram superiores aos obtidos por Leles *et al.* (2001), que obtiveram valores médios entre 13 e 21 mm.

Tabela 38. Altura das plantas (cm) de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	1ª Medição			2ª Medição			3ª Medição			4ª Medição			5ª Medição			6ª Medição		
	18 dias pós plantio			49 dias pós plantio			80 dias pós plantio			107 dias pós plantio			140 dias pós plantio			170 dias pós plantio		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Media
Testemunha	45	45	45	61Aa	55Bb	58B	72Ba	64Ba	68 B	86B	73B	79 C	104Ba	82Bb	93B	109Ba	84 Bb	97 B
NPK	46	49	48	76Aa	75Aa	75A	97Aa	106Aa	101A	140A	137A	139 A	167Aa	160Aa	163A	170Aa	169Aa	170 A
NPK + Calcário	46	48	47	72Aa	74Aa	73A	89Ab	106Aa	97 A	132A	133A	133AB	149Aa	158Aa	154A	156Aa	165Aa	160 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	47	48	48	74Aa	75Aa	75A	92Aa	102Aa	97 A	121A	127A	124 B	154Aa	149Aa	151A	166Aa	157Aa	161 A
Média	46	48		71 a	70 a		87 b	94 a		120	117		144 a	137 a		150 a	144 a	
	C.V.%= 7,23			C.V.%= 8,89			C.V.%= 10,54			C.V.%= 14,30			C.V.%= 13,44			C.V.%= 13,13		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 39. Diâmetro das plantas (mm) de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	1ª Medição			2ª Medição			3ª Medição			4ª Medição			5ª Medição			6ª Medição		
	18 dias pós plantio			49 dias pós plantio			80 dias pós plantio			107 dias pós plantio			140 dias pós plantio			170 dias pós plantio		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Media	NQ	LV	Media	NQ	LV	Media	NQ	LV	Media	NQ	LV	Media
Testemunha	3B	3 B	3B	8 B	7B	7B	11B	9B	10B	16Ba	10Bb	13B	19Ba	12Bb	16B	24Ba	14Bb	19 B
NPK	4A	4 A	4A	12A	13A	12A	18A	19A	19A	23Aa	25Aa	24A	28Aa	29Aa	29A	32Aa	31Aa	32 A
NPK+Calcário	4A	4 A	4A	11A	12A	12A	18A	19A	18A	23Aa	24Aa	24A	27Aa	28Aa	28A	33Aa	32Aa	33 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	4A	4AB	4A	12A	13A	12A	19A	20A	19 A	24Aa	24Aa	24A	29Aa	29Aa	29A	33Aa	34Aa	34 A
Média	3	3		11	11		16	17		22 a	21 a		26 a	25 a		31 a	28 b	
	C.V.%= 11,46			C.V.%= 14,44			C.V.%= 11,94			C.V.%= 12,59			C.V.%= 12,09			C.V.%= 10,66		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

## 6.2.4 Efeitos na nutrição mineral das plantas

### 6.2.4.1 Nutrientes nas folhas

Os resultados das análises químicas dos teores de macronutrientes nas folhas podem ser observados na Tabela 40 e os respectivos acúmulos na Tabela 41, enquanto que dos micronutrientes, podem ser verificados na Tabela 42 e os valores acumulados, na Tabela 43.

Dentre os macronutrientes, os teores de N e o P foliares não apresentaram diferença em função do tipo de solo. Os teores de K, Ca e Mg foram superiores nas plantas conduzidas no Latossolo. Enquanto os teores de S foram superiores no Neossolo Quartzarênico. Entre os tratamentos avaliados, a testemunha apresentou o maior teor de N e menor teor de P e K, provavelmente devido ao efeito de concentração/diluição, efeito amplamente relatado na literatura (BEVERLY, 1981). O teor de Mg foliar foi superior nos tratamentos testemunha e NPK + Calcário. A aplicação de NPK + 2400 kg/ha de escória resultou em maiores teores de Ca e S que nos demais tratamentos confirmando o descrito por (PIAU, 1995), que descreve as características e capacidade de fornecer esses elementos pela escória, cujos resultados também podem ser encontrados na Tabela 4, onde mostra os valores desses nutrientes presentes na escória.

No Latossolo foram encontrados os maiores acúmulos de N e Ca, enquanto que os acúmulos de P, K, Mg e S não diferiram entre os tipos de solo. O tratamento testemunha apresentou os menores acúmulos de N, P e K quando comparado aos demais tratamentos. Os acúmulos de Ca e S foram superiores com a aplicação de NPK + 2400 kg/ha de escória quando comparados aos demais tratamentos, sendo que a aplicação de NPK e NPK+Calcário foram superiores apenas à testemunha. Os maiores acúmulos de Mg foram obtidos com os tratamentos NPK+Calcário e NPK+2400 kg/ha de escória, sendo a aplicação de NPK superior apenas à testemunha, confirmando a disponibilidade dos elementos presentes tanto no calcário dolomítico quanto na escória utilizada.

Não houve influência do tipo de solo para os teores foliares de Fe e Zn e o teor de B foi superior no Latossolo. Os teores de Cu e Mn foram superiores no Neossolo Quartzarênico, provavelmente isso se deva às características químicas iniciais desse solo, que

já apresentavam maiores teores iniciais desses micronutrientes (Tabela 2). Os teores foliares de Fe e Zn não diferiram em função dos tratamentos. A aplicação de escória resultou em maiores teores de B e Mn. Provavelmente, o maior teor de Mn está relacionada com o alto teor de Mn encontrado na escória (Tabela 4).

Os acúmulos foliares de Cu e Zn não sofreram influência do tipo de solo. Para os acúmulos de B e Fe, os maiores valores foram encontrados no Latossolo enquanto que o acúmulo de Mn foi superior no Neossolo Quartzarênico. Quando avaliou-se a influência dos tratamentos sobre o acúmulo de micronutrientes, a aplicação de escória promoveu maiores acúmulos de B e Cu, sendo que os tratamentos NPK e NPK+Calcário foram superiores à testemunha. Para o Fe e o Zn, a testemunha foi inferior aos demais tratamentos, enquanto que para o Mn, os tratamentos NPK e NPK+Escória foram superiores à testemunha e NPK + Calcário.

Conforme a classificação de Malavolta et al. (1997) para teores de nutrientes em folhas de eucalipto, os teores médios de N, K, Mg, S, B e Cu encontrado no experimento seriam considerados deficientes. Já os teores de P, Ca, Fe e Zn estariam adequados. O Mn no Neossolo foi muito superior, atingindo até valores de toxidez, mas no Latossolo, foi muito inferior. No entanto, vale ressaltar que a faixa de teores de macro e micronutrientes considerados adequados por Malavolta et al. (1997) referem-se à matéria seca de folhas de plantas adultas, enquanto neste experimento as folhas foram coletadas com plantas de seis meses de idade.

Tabela 40. Teor de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
	----- g. kg <sup>-1</sup> -----																	
Testemunha	11 Ab	12Aa	12 A	1,0 Aa	1,0Bb	0,6 B	6 Ba	5 Aa	6,1B	6 Ab	5 Aa	6 B	2,3Aa	2,0ABa	2,2A	1, Ba	1,0Aa	1,1 B
NPK	9 Ba	10Ba	9 B	1,1 Aa	1,3Aa	1,3A	7 Ba	7 Aa	7,3 A	5 Aa	6 Ba	5 B	2,0Aa	1,0 Cb	1,5C	1,1Ba	1,0Aa	1,1 B
NPK + Calcário	9 Ba	9 Ba	9 B	1,1 Aa	1,3Aa	1,3A	6 Ba	7 Aa	7,2AB	5 Aa	5 Ba	5 B	2,0Aa	2,1 Aa	2,1A	1,3Ba	1,0Ab	1,2 B
NPK+ 2400 kg escória/ha	9ABa	10Ba	9 B	1,3 Aa	1,3Aa	1,3A	9 Aa	7 Ab	8,2 A	6 Ab	8 Aa	7 A	2,0Aa	1,6 Ba	1,8 B	2,0Aa	1,0Ab	1,5 A
Média	10 a	10a		1,0 a	1,1 a		6 b	7 a		5 b	7 a		1,7 b	2,0 a		1,4 a	1,0 b	
	C.V.%= 9,92			C.V.%= 44,90			C.V.%= 21,00			C.V.%= 21,00			C.V.%= 15,60			C.V.%= 22,66		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 41. Acúmulo (g) de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	1,2 Ca	1,1Ba	1,2B	0,08Ba	0,04Ba	0,06B	0,7Ca	0,5Ba	0,6B	0,7Ca	0,8Ca	0,7C	0,23Ba	0,15Da	0,19C	0,13Ca	0,09Ca	0,11C
NPK	2,2ABa	2,6Aa	2,3A	0,27Aa	0,34Aa	0,30A	1,7Ba	1,9Aa	1,7A	1,2ABa	1,6Ba	1,3B	0,43Aa	0,29Cb	0,37B	0,29Ba	0,25Ba	0,27B
NPK + Calcário	1,7Bb	2,9Aa	2,4A	0,21Ab	0,42Aa	0,32A	1,3Bb	2,1Aa	1,8A	0,9BCb	1,7Ba	1,4B	0,39Ab	0,65Aa	0,46A	0,24Bb	0,36Aa	0,29B
NPK+ 2400 kg escória/ha	2,4Aa	2,5Aa	2,5A	0,33Aa	0,32Aa	0,32A	2,2Aa	1,8Aa	1,9A	1,4 Ab	2,3Aa	1,9A	0,49Aa	0,43Ba	0,52A	0,43Aa	0,31ABb	0,37A
Média	1,9 b	2,3 a		0,22 a	0,28 a		1,5 a	1,6 a		1,1 b	1,6 a		0,39 a	0,38 a		0,27 a	0,25 a	
	C.V.%= 20,35			C.V.%= 42,35			C.V.%= 26,94			C.V.%= 31,36			C.V.%= 23,02			C.V.%= 20,84		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 42. Teor de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
	-----mg.kg <sup>-1</sup> -----														
Testemunha	9 Bb	19 Aa	14 B	5,33Aa	5 Aa	5 A	141	99	120	1343ABa	173 Ab	758 AB	12	12	12
NPK	12 Ab	16 Ca	14 B	3,50 Ba	3 Ba	3 C	142	222	182	1202 Ba	127 Ab	664 B	11	11	11
NPK + Calcário	12 Bb	16 BCa	14 B	7,41 Ba	3 Bb	3 C	140	167	153	624 Ca	73 Ab	348 C	12	10	11
NPK+ 2400 kg escória/ha	14 Ab	18 ABa	16 A	5,50Aa	3 Bb	4 B	152	158	155	1476 Aa	265 Ab	870 A	13	11	12
Média	12 b	17 a		4,63 a	3 b		144	161		1161 a	159 b		12	11	
	C.V.%= 13,15			C.V.%= 16,51			C.V.%= 51,62 (ns)			C.V.% = 31,73			C.V.% =15,34 (ns)		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 43. Acúmulo (mg) de nutrientes nas folhas de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	1,0 Ca	1,6 Ca	1,3 C	0,57 C	0,49B	0,53 C	15 Aa	8 Ba	11 B	145Ba	14 Ab	80 B	1,3 Ca	1,1 B	1,2 B
NPK	2,7ABb	4,1 Ba	3,4 B	0,81 B	0,89A	0,82 B	31 Ab	54 Aa	37 A	290Aa	32 Ab	161 A	2,6ABa	2,9 Aa	2,8 A
NPK + Calcário	2,1 Bb	5,1 Aa	3,6 B	0,73BC	0,92A	0,85 B	24 Ab	50 Aa	38 A	111Ba	22 Ab	66 B	2,2 Bb	3,1 Aa	2,7 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	3,3 Ab	4,9 Aa	4,1 A	1,28 A	0,78A	1,04 A	35 Aa	41 Aa	43 A	346Aa	69 Ab	207 A	3,3 Aa	2,9 Aa	3,1 A
Média	2,3 b	3,9 a		0,85	0,77		26 b	38 a		223 a	34 b		2,3 a	2,5 a	
	C.V.% = 19,86			C.V.%= 21,87			C.V.%= 54,52			C.V.%= 54,54			C.V.%= 26,02		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 6.2.4.2 Nutrientes nos galhos

Os resultados das análises químicas dos nutrientes encontrados nos galhos de eucalipto utilizados no experimento, podem ser observados nas Tabelas 44 e 46 e, os respectivos acúmulos, nas Tabelas 45 e 47. O tipo de solo não influenciou os teores de N nem de S dos galhos, enquanto que os teores de P e Mg foram superiores quando conduzidos no Neossolo Quartzarênico. E apenas os teores de K e Ca foram superiores no Latossolo Vermelho.

O teor de N nos galhos foi superior no tratamento NPK + Calcário e na testemunha, não diferindo significativamente do tratamento NPK, e inferior apenas para NPK + Calcário. O teor de P foi inferior apenas na testemunha, não diferindo dos demais tratamentos. A aplicação de NPK + escória promoveu os maiores teores de Ca nos galhos. Na média, os teores de S e Mg foram superiores com a aplicação de NPK+Calcário.

Os acúmulos de N, Ca e S nos galhos não foram influenciados pelo tipo de solo. O Latossolo Vermelho favoreceu o acúmulo de K enquanto que P e Mg foram superiores quando conduzidos no Neossolo Quartzarênico. Os acúmulos de N, K e S nos galhos foram inferiores apenas na testemunha, não havendo diferença entre os demais tratamentos. Para o acúmulo de P, Ca e Mg, a aplicação de escória promoveu os maiores acúmulos, sendo a testemunha inferior aos demais tratamentos.

O teor de Zn nos galhos não foi influenciado pelo tipo de solo nem pela aplicação dos diferentes tratamentos. No LV foram obtidos os maiores teores de Cu e Fe, enquanto que no NQ, os maiores teores de B e Mn. Na média, os maiores teores de B foram obtidos com os tratamentos NPK + escória, seguido do NPK + Calcário e inferiores na testemunha e NPK. Para o Cu, a testemunha apresentou o maior teor, sendo que NPK e NPK + Calcário os tratamentos inferiores à aplicação de NPK + escória. Na média, para os teores de Fe e Mn, a aplicação de escória foi superior aos demais tratamentos.

Diferindo de Gonçalves *et al.* (2000), na média, os acúmulos de nutrientes aconteceram de forma semelhante nos galhos e no tronco (Tabelas 45, 47, 49 e 51). Segundo os autores, embora existam referências sobre o acúmulo de nutrientes minerais, pouco se conhece a respeito da variação dos teores de nutrientes ao longo do comprimento, diâmetro e estágio dos galhos. Sabe-se que os galhos, principalmente os jovens, são importantes compartimentos de armazenamento de nutrientes.



Tabela 44. Teor de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
	----- g. kg <sup>-1</sup> -----																	
Testemunha	4 A	4AB	4 A	1,0 Ca	0,5Ba	0,8B	6,8Aa	7,7Aa	7,25A	10ABb	16Aa	12AB	0,7Ba	0,6Ba	0,6B	0,5AB	0,5A	0,5B
NPK	4AB	4AB	4AB	2,4 Ba	1,9Aa	2,2A	5,3Ab	7,8Aa	6,58A	10 Ba	11Ca	10 C	0,7Ba	0,6Ba	0,6B	0,5B	0,5A	0,5B
NPK + Calcário	4 A	4 A	4 A	2,7ABa	1,6Ab	2,2A	5,8Ab	7,7Aa	6,75A	10ABb	13Ba	12 B	1,0Aa	0,9Aa	0,9A	0,6 A	0,6A	0,6A
NPK+ 2400 kg escória/ha	3 B	3 B	3 B	3,1 Aa	1,9Ab	2,5A	6,3Ab	8 Aa	7,16A	12 Ab	15ABa	13 A	0,8Ba	0,6Bb	0,6B	0,6AB	0,5A	0,5AB
Média	4	4		2,3 a	1,5 b		6,1 b	7,8 a		10 b	13 a		0,8 a	0,7 b		0,5	0,5	
	C.V.%= 12,08			C.V.%= 25,80			C.V.%= 19,85			C.V.%= 12,03			C.V.%= 17,25			C.V.%= 10,68		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 45. Acúmulo (g) de nutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	0,03Ba	0,01Bb	0,02B	0,10 Ca	0,01Ba	0,05C	0,14Ba	0,38Ba	0,26B	0,57Ca	0,28Ca	0,4D	0,04Ca	0,01Ca	0,03C	0,11Ba	0,04Bb	0,07B
NPK	0,05Aa	0,06Aa	0,06A	0,31 Ba	0,26Aa	0,29B	0,72Ab	1,05Aa	0,89A	1,30Ba	1,48Ba	1,4C	0,09Ba	0,08Ba	0,08B	0,26Aa	0,27Aa	0,27A
NPK + Calcário	0,06Aa	0,06Aa	0,06A	0,38ABa	0,23Ab	0,31AB	0,84Aa	1,09Aa	0,96A	1,52ABb	1,93Aa	1,7B	0,12ABa	0,08Bb	0,10B	0,28Aa	0,29Aa	0,28A
NPK+ 2400 kg escória/ha	0,06Aa	0,06Aa	0,06A	0,48 Aa	0,28Ab	0,37A	0,96Aa	1,18Aa	1,07A	1,84 Aa	2,19Aa	2,0A	0,14 Aa	0,13Aa	0,14 <sup>a</sup>	0,31Aa	0,29Aa	0,30A
Média	0,05 a	0,05a		0,32 a	0,19b		0,72b	0,87a		1,31a	1,47a		0,09a	0,08b		0,24a	0,22a	
	C.V.%= 26,31			C.V.%= 36,93			C.V.%= 29,93			C.V.%= 23,02			C.V.%= 28,75			C.V.%= 19,79		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 46. Teor de micronutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
-----mg.kg <sup>-1</sup> -----															
Testemunha	31 Aa	18 Bb	24 B	9 Ab	12 Aa	11 A	274 Aa	213 Bb	243 B	1569 ABa	85 Ab	827 AB	27	27	27
NPK	31 Aa	23 Bb	27 B	6 Ba	6 Ba	6 C	212 Ba	239 Ba	226 B	1737 Aa	64 Bb	900 AB	26	29	27
NPK + Calcário	32 Aa	37 Aa	34 A	4 Bb	6 Ba	5 C	245 Ba	249ABa	247 AB	1364 Ba	61 Ab	712 B	29	28	28
NPK+ 2400 kg escória/ha	34 Aa	37 Aa	36 A	6 Bb	10 Aa	18 B	265 Aa	285 Aa	275 A	1614 ABa	228 Ab	921 A	29	27	28
Média	32 a	29 b		6 b	8 a		249 a	247 a		1571 a	109 b		28	28	
	C.V.%= 14,08			C.V.%= 24,22			C.V.%= 14,58			C.V.%= 27,95			C.V.%= 11,94 (ns)		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 47. Acúmulo (mg) de micronutrientes em galhos de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	1,6 Ca	0,3 Cb	0,9 C	0,48 Ca	0,23Ca	0,35 C	13,9Ca	3,7Cb	8,8 C	90 Ca	1,5 Ab	46 C	1,6 Ba	0,5 Bb	1,0 B
NPK	4,1 Ba	3,0 Bb	3,6 B	0,78ABa	0,86Ba	0,83 B	27,7Ba	31,8Ba	29,8 B	225ABa	8,5 Ab	116AB	3,5 Aa	3,9 Aa	3,7 A
NPK + Calcário	4,5 ABa	5,4 Aa	4,9 A	0,57BCb	0,94Ba	0,76 B	33,9ABa	35,8ABa	34,9 B	188 Ba	8,8 Ab	98 B	4,1 Aa	4,1 Aa	4,1 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	5,3 Aa	5,5 Aa	5,4 A	0,93 Ab	1,51Aa	1,22 A	41,3 Aa	41,8 Aa	41,6 A	249 Aa	33 Ab	141 A	4,5 Aa	3,9 Aa	4,2 A
Média	3,8 a	3,6 a		0,69 b	0,88 a		29,2 a	28,3 a		188 a	13,1 b		3,4 a	3,1 a	
	C.V.%= 22,62			C.V.%= 33,65			C.V.%= 24,04			C.V.%= 48,84			C.V.%= 26,35		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

### 6.2.4.3 Nutrientes no tronco

Os resultados das análises químicas dos nutrientes encontrados nos troncos de eucalipto estão dispostos nas Tabelas 48 e 50 e, os respectivos acúmulos, nas Tabelas 49 e 51.

Segundo Gonçalves et al. (2000), a concentração dos nutrientes no tronco pode variar conforme a localização (casca, alburno e cerne), mas como descrito anteriormente na metodologia, na amostragem para a análise nutricional, não houve separação das partes para este experimento.

Os teores de N e Mg no tronco não sofreram influência dos tratamentos nem do tipo de solo. Não houve influência em função do tipo de solo sobre o teor de K e S tronco. O teor de P no tronco foi superior quando conduzidos no Neossolo Quartzarênico, sendo inferior apenas na testemunha, não diferindo os demais tratamentos entre si. O oposto aconteceu com o Ca, onde os maiores teores foram encontrados no Latossolo Vermelho sendo a testemunha superior aos demais tratamentos, provavelmente devido ao efeito de concentração/diluição, efeito amplamente relatado na literatura (BEVERLY, 1981).

Na média não houve diferença entre os tratamentos para os teores de K no tronco. Para os teores de S, a aplicação de NPK + escória foi inferior aos demais tratamentos.

Quando se verifica o acúmulo dos macronutrientes no tronco, observa-se que o tipo de solo não influenciou os acúmulos de N, K, Mg e S. O acúmulo de P foi superior no Neossolo Quartzarênico enquanto que os maiores acúmulos de Ca foram obtidos no Latossolo Vermelho. Os acúmulos de N, P, K Mg e S foram inferiores na testemunha e os demais tratamentos não diferiram entre si. Para o acúmulo de Ca, a aplicação de NPK + escória foi o tratamento que promoveu os maior acúmulo, provavelmente pela própria disponibilidade do elemento presente na escória de siderurgia (Tabela 4).

Não houve influência do tipo de solo para os teores de Cu, Fe e Zn no tronco e, na média, não houve influência dos tratamentos para os teores de B, Fe e Zn. Os maiores teores de Cu foram encontrados na testemunha, não havendo diferença entre os demais tratamentos. Quando se observa os teores de Mn, apenas a aplicação de NPK + calcário foi inferior aos demais tratamentos.

Quando se observa o acúmulo dos micronutrientes no tronco (Tabela 51), verifica-se que o único elemento que foi influenciado pelo tipo de solo foi o Mn, sendo aproximadamente dez vezes superior no Neossolo Quartzarênico. Os acúmulos de B, Fe e Cu foram inferiores apenas na testemunha, provavelmente por seu menor crescimento e conseqüentemente menor absorção desses elementos pelas plantas. Do mesmo modo, a testemunha apresentou menores acúmulos de Mn, sendo a aplicação de NPK o tratamento que promoveu maior acúmulo, seguido da aplicação de NPK + escória e da aplicação de NPK + calcário. O valor acumulado de Zn também apresentou comportamento semelhante ao acúmulo de Mn, sendo a testemunha o menor valor, seguido do NPK + calcário e NPK + escória, sendo obtido o maior acúmulo com a aplicação de apenas NPK.

Segundo Gonçalves *et al.* (2000), durante o processo da colheita florestal, o tronco é o componente que mais contribui na exportação de nutrientes do solo, mas não foi o verificado neste experimento com plantas com seis meses de idade, pois comparando-se os acúmulos dos nutrientes nas folhas (Tabelas 41 e 43), nos galhos (Tabelas 45 e 47), no tronco (Tabelas 49 e 51) e nas raízes (Tabelas 53 e 55), verifica-se que os maiores acúmulos de nutrientes foram observados nas folhas e raízes.

Tabela 48. Teor de macronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
-----g. kg <sup>-1</sup> -----																		
Testemunha	3	3	3	0,5 Ca	0,3Ba	0,4 B	6 Aa	4 Ba	5 A	4 Ab	7 Aa	5 A	0,7	0,7	0,7	0,7 <sup>a</sup>	0,7A	0,7 AB
NPK	3	3	3	1,2 Ba	1,2Aa	1,2A	6 Aa	6 Aa	6 A	4 Aa	5BCa	4B	0,6	0,6	0,6	0,7AB	0,6A	0,6 BC
NPK + Calcário	3	3	3	1,5 Aa	1,1Ab	1,3A	4 Ab	7 Aa	5 A	3 Aa	4 Ca	4 B	0,6	0,8	0,7	0,7 A	0,7A	0,7 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	3	3	3	1,5ABa	1,3Aa	1,4A	5 Ab	7 Aa	6 A	3 Ab	6ABa	4 B	0,6	0,7	0,6	0,6 B	0,6A	0,6 C
Média	3	3		1,2 a	0,9 b		5 a	6 a		3 b	5 a		0,6	0,7		0,7	0,6	
	C.V.%= 18,47			C.V.%= 25,93			C.V.%= 25,23			C.V.%= 26,52			C.V.%= 23,32			C.V.%= 10,53		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 49. Acúmulo (g) de macronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	0,22B	0,09B	0,15B	0,06Ba	0,01Ba	0,04B	0,37B	0,15B	0,26B	0,2 Ba	0,2 Ca	0,2C	0,02B	0,04B	0,03B	0,05Ba	0,02Ba	0,03B
NPK	0,56A	0,64A	0,59A	0,23Aa	0,26Aa	0,24A	1,22A	1,43A	1,33A	0,77Ab	1,1ABa	0,9AB	0,13A	0,14A	0,13A	0,14 <sup>a</sup>	0,14A	0,14A
NPK + Calcário	0,63A	0,48A	0,55A	0,30Aa	0,2 Ab	0,25A	0,87AB	1,33Aa	1,10A	0,6 Aa	0,8 Ba	0,7 B	0,13A	0,15A	0,14A	0,15 <sup>a</sup>	0,13A	0,14A
NPK+ 2400 kg escória/ha	0,65A	0,60A	0,62A	0,31Aa	0,26Aa	0,28A	1,17 A	1,4A	1,35A	0,7 Ab	1,2 Aa	0,9 A	0,13A	0,14A	0,13A	0,14 <sup>a</sup>	0,14A	0,14A
Média	0,51	0,45		0,23 a	0,18 b		0,91	1,11		0,59 b	0,85 a		0,11	0,11		0,12	0,11	
	C.V.%= 36,28			C.V.%= 36,48			C.V.%= 44,50			C.V.%= 32,07			C.V.%= 35,85			C.V.%= 31,28		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 50. Teor de micronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
	-----mg.kg <sup>-1</sup> -----														
Testemunha	17 Aa	14 Aa	15 A	6 A	7 A	7 A	69 A	59 A	64 A	901 Aa	71 Ab	486 A	17 A	15 AB	16 A
NPK	14 Aa	11 Aa	12 A	2 B	2 B	2B	55 A	56 A	56 A	932 Aa	97 Ab	514 A	15 A	25 A	20 A
NPK + Calcário	14 Aa	11 Aa	13 A	2 B	2 B	2 B	52 A	54 A	53 A	577 Ba	40,33Ab	308 B	16 A	14 B	15 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	16 Aa	13 Aa	14 A	2 B	1 B	1 B	54 A	68 A	61 A	706 Ba	150 Ab	428 A	15 A	19 AB	17 A
Média	12 b	15 a		3	3		57,59	59,70		779 a	89 b		16	18	
	C.V.%= 27,52			C.V.%= 44,51			C.V.%= 30,10			C.V.%= 32,37			C.V.%= 46,86		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 51. Acúmulo (mg) de micronutrientes no tronco de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	0,68B	0,49 B	0,58 B	0,24 B	0,20 B	0,22 B	3,1 B	1,8B	2,5 B	46 Ca	2 Ab	24 C	1,1A	0,5C	0,77 B
NPK	2,3 A	3,0 A	2,6 A	0,49A	0,43AB	0,46 A	10,7A	12,3A	11,5 A	180 Aa	20 Ab	100 A	3,1 A	6,1 A	4,61 A
NPK + Calcário	2,3 A	2,7 A	2,5 A	0,44AB	0,46 A	0,45 A	9,8 A	9,9 A	9,8 A	110 Ba	7 Ab	59 B	3,1 A	2,6BC	2,85AB
NPK+ 2400 kg escória/ha	2,8 A	3,4 A	3,1 A	0,42AB	0,34AB	0,37AB	11,7A	13,9A	12,8 A	148 Aba	29 Ab	88 AB	3,3 A	3,9AB	3,62 A
Média	2,0	2,4		0,39	0,36		8,8	9,5		121 a	14 b		2,65	3,28	
	C.V.%= 45,53			C.V.%= 53,46			C.V.%= 40,52			C.V.%= 53,94			C.V.%= 93,09		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 6.2.4.4 Nutrientes nas raízes

Os resultados dos teores de nutrientes obtidos pelas análises químicas realizadas nas raízes de eucalipto, podem ser observados nas Tabelas 52 e 54 e os respectivos acúmulos nas Tabelas 53 e 55.

Nas raízes, o teor de N não sofreu influência nem do tipo de solo nem dos diferentes tratamentos. O teor de Ca não sofreu influência do tipo de solo. Os teores de P, K, Mg e S foram superiores quando conduzidos no Neossolo Quartzarênico.

A aplicação de escória promoveu maiores teores de P e Ca nas raízes. Para o P, na testemunha foram encontrados os menores resultados, sendo NPK e NPK + Calcário os tratamentos intermediários. A testemunha promoveu os menores teores de K nas raízes, não havendo diferença entre os demais tratamentos. O tratamento NPK foi o responsável pelos menores teores de Mg nas raízes. Na média, não houve influência dos tratamentos sobre os teores de S nas raízes.

Os acúmulos de N, K, Ca e S nas raízes não foram influenciados pelo tipo de solo. O Neossolo Quartzarênico promoveu os maiores acúmulos de P e Mg. Os menores acúmulos de N e K foram encontrados nas testemunhas, e os demais tratamentos não diferiram entre si. A aplicação de escória foi o tratamento que promoveu os maiores acúmulos de P e Ca, seguidos de NPK e NPK+calcário, que foram semelhantes, sendo a testemunha inferior, provavelmente por seu menor crescimento. Para o acúmulo de Mg, a aplicação de calcário foi semelhante à escoria, sendo superiores ao tratamento NPK, que por sua vez, foi superior à testemunha. O acúmulo de S foi inferior apenas na testemunha.

O tipo de solo influenciou todos os teores dos micronutrientes nas raízes. Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn foram superiores no Neossolo Quartzarênico, apenas o teor de B nas raízes foi superior no Latossolo Vermelho. Na média, os teores de Fe e Mn não sofreram influência dos tratamentos. O teor de B foi superior nos tratamentos escória e calcário e inferior apenas na testemunha. Os teores de Cu foram superiores na testemunha e aplicação de calcário. Os maiores teores de Zn foram encontrados na testemunha.

Quando se analisa o acúmulo nos micronutrientes nas raízes, observa-se que o Fe não sofreu influência do tipo de solo. Os acúmulos de Cu, Mn e Zn foram superiores quando conduzidos no Neossolo Quartzarênico. Apenas o acúmulo de B foi

superior quando conduzido no Latossolo. Através do acúmulo tem-se uma idéia mais clara do que ocorreu, visto que os acúmulos de B, Cu, Fe e Mn foram inferiores apenas na testemunha, provavelmente pelo menor crescimento e conseqüente menor absorção dos elementos. Para o Zn, os tratamentos escória e calcário promoveram maiores acúmulos, seguido pelo NPK, que apesar de inferior foi significativamente igual, sendo a testemunha inferior aos demais tratamentos.

Em comparação com as demais partes das mudas, os valores elevados de nutrientes encontrados nas raízes podem ser explicados pela fase de crescimento em que se encontravam, fato observado e relatado no experimento 1 e explicado em Gonçalves *et al.*(2000 b).



Tabela 52. Teor de macronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	5 Aa	5 Aa	5 A	0,9 Ca	0,4Bb	0,7 C	5 Aa	3 Cb	4B	7 B	6 B	7 C	0,9Aa	0,6Ab	0,8A	1,3Aa	0,8Ab	1,0 A
NPK	5 Aa	4 Aa	5 A	1,6 Aa	1,0Ab	1,2 B	5 Aa	5ABa	5 A	7 B	6 B	7 C	0,7Ba	0,4Bb	0,6B	1,2Aa	0,9Aa	1,1 A
NPK + Calcário	5 Aa	4 Aa	4 A	1,3 Ba	1,1Ab	1,2 B	5 Aa	4 Aa	4 A	8 B	10A	9 B	0,9Aa	0,7Ab	0,8A	1,0Aa	0,9Aa	1,0 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	5 Aa	4 Aa	5 A	1,8 Aa	1,2Ab	1,5A	5 Aa	4 Aa	5 A	11A	11A	11 A	0,8AB <sub>a</sub>	0,6Ab	0,7A	1,0Aa	0,9Aa	1,0 A
Média	5,29 <sub>a</sub>	4,79b		1,4 a	0,9 b		5 a	4 b		8	8		0,8 a	0,6 b		1,1 a	0,9 b	
	C.V.%= 13,55			C.V.%= 15,93			C.V.%= 12,91			C.V.% = 23,54			C.V.%= 17,64			C.V.%= 28,01		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 53. Acúmulo (g) de macronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	N			P			K			Ca			Mg			S		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	0,63Ca	0,36Ba	0,50B	0,03Ca	0,13Ba	0,08C	0,66Ba	0,27Ba	0,47B	0,92C	0,46C	0,69C	0,11Ca	0,05Ca	0,08C	0,15Ba	0,06Bb	0,10B
NPK	1,26Bb	1,58Aa	1,42A	0,39Ba	0,36Aa	0,37B	1,24Ab	1,66Aa	1,45A	1,70BC	2,29 B	1,99B	0,18Ba	0,16Ba	0,17B	0,29 Aa	0,33Aa	0,31A
NPK + Calcário	1,27Ba	1,40Aa	1,38A	0,36Ba	0,33Aa	0,34B	1,45Aa	1,52Aa	1,48A	2,18 B	3,13AB	2,66B	0,24ABa	0,23Aa	0,23 <sup>a</sup>	0,27Aa	0,28Aa	0,28A
NPK+ 2400 kg escória/ha	1,59Aa	1,45Aa	1,52A	0,55Aa	0,38Ab	0,46A	1,54Aa	1,31Aa	1,42A	3,63 A	3,49 A	3,56A	0,27 Aa	0,20ABb	0,23 <sup>a</sup>	0,32Aa	0,28Aa	0,30A
Média	1,19 a	1,20 a		0,23 a	0,27 b		1,22 a	1,19 a		2,11	2,34		0,19 a	0,16 b		0,26 a	0,24 a	
	C.V.%= 21,77			C.V.%= 30,70			C.V.%= 26,81			C.V.% = 41,97			C.V.%= 31,18			C.V.%= 24,38		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 54. Teor de micronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
-----mg.kg <sup>-1</sup> -----															
Testemunha	34 Aa	43 Ba	38 B	17 Aa	8 Ab	12 A	4336a	2671b	3504 A	440 ABa	53 Ab	246 A	49Aa	18 Ab	34A
NPK	33 Ab	68 Aa	50 AB	14 Aa	7 Ab	11AB	4608a	2990b	3799 A	472 Aa	27 Ab	249 A	26Ba	13 Aa	19B
NPK + Calcário	34 Ab	73 Aa	54 A	16 Aa	10 Ab	13 A	3790a	2741a	3265 A	425 ABa	42 Ab	234 A	25Ba	15 Aa	20B
NPK+ 2400 kg escória/ha	36 Ab	76 Aa	56 A	9 Ba	9 Aa	9 B	3371a	3208a	3290 A	394 Ba	92 Ab	243 A	19Ba	19 Aa	19B
Média	34 b	65 a		14 a	8 b		4026 a	2902 b		433 a	53,87 b		30 a	16 b	
	C.V.%= 30,52			C.V.%= 24,21			C.V.%= 38,67			C.V.%= 25,61			C.V.%= 52,31		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 55. Acúmulo (mg) de micronutrientes nas raízes de eucalipto com 6 meses de idade plantados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	B			Cu			Fe			Mn			Zn		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	4,3Ba	3,24 Ba	3,7 B	2,3Ba	0,6 Bb	1,42 B	484 B	197B	340 B	55 Ba	4 Aa	29,7B	5,3 Aa	1,3 Bb	3,35 B
NPK	7,8ABb	22,14Aa	14,9A	3,4ABa	2,5 Aa	2,97 A	1087A	978A	1033A	111 Aa	8,9 Ab	60,5 A	6,1 Aa	4,3 Aa	5,2 AB
NPK + Calcário	8,8ABb	22,11Aa	15,5A	4,1Aa	3,0Aa	3,56 A	987 A	819A	903 A	110 Aa	12,8Ab	61,6 A	6,5 Aa	4,7 Aa	5,60 A
NPK+ 2400 kg escória/ha	11,0Ab	23,11Aa	17,1A	2,7 Ba	2,8 Aa	2,81 A	1034A	959A	996 A	117 Aa	27,8Ab	72,5 A	5,6 Aa	5,7 Aa	5,71 A
Média	8,0 b	17,65 a		3,14 a	2,25 b		898	738		98,79 a	13,37 b		5,92 a	4,03 b	
	C.V.%= 35,42			C.V.%= 38,39			C.V.%= 46,08			C.V.%= 47,81			C.V.%= 49,55		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

### 6.2.5 Silício no solo e na planta

Conforme observado na Tabela 56, na média, os teores de Si no solo foram superiores no Latossolo. A testemunha apresentou os maiores valores no NQ, mas não diferiu significativamente dos tratamentos NPK + calcário e NPK + escória. Enquanto no LV os tratamentos não diferiram entre si.

Tabela 56. Teor de Silício em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), submetidos à 6 meses de plantio com eucalipto, em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	Silício Solo (ppm)		
	NQ	LV	Media
Testemunha	3,0 Aa	3,2 Aa	3,1 A
NPK	2,3 Bb	3,0 Aa	2,6 B
Calcário	2,6 ABa	3,0 Aa	2,8 AB
2400 kg escória/ha	2,8 Aa	3,0 Aa	2,2 AB
Média	2,7 b	3,0 a	
C.V.%= 13,84			

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados nas análises químicas dos teores e acúmulos de Si nas diferentes partes do eucalipto, podem ser observados nas tabelas 57 e 58.

A porcentagem de Si nas folhas não diferiu em função do tipo de solo, apresentando os maiores valores com a aplicação de escória. Mas observa-se que as plantas desenvolvidas em Latossolo, apresentaram os maiores valores quando submetidos à aplicação de escória.

Nos galhos, em média, os maiores teores e acúmulos de Si foram encontrados no NQ. A porcentagem de Si no NQ foi inferior apenas com a aplicação de NPK + escória, enquanto que no LV, a aplicação de NPK + escória resultou em maior porcentagem de Si em relação aos demais tratamentos. Em relação ao acúmulo de Si nos galhos, apenas a testemunha foi inferior aos demais tratamentos no NQ e, no LV, a aplicação de NPK + escória promoveu os maiores acúmulos.

No tronco, observando o resultado médios dos teores e acúmulos de Si foram obtidos quando conduzidos em LV. A porcentagem de Si no NQ não diferiu em função

dos tratamentos, enquanto que no LV a aplicação de NPK + escória resultou em maiores porcentagens. Analisando os valores acumulados no tronco, para as plantas conduzidas no NQ, apenas a testemunha foi inferior aos demais tratamentos, e no LV, além da testemunha ser inferior, a aplicação de NPK + escória promoveu maior acúmulo de Si no tronco.

Em média, nas raízes, as maiores porcentagens e acúmulos de Si foram obtidos no NQ. As porcentagens de Si no NQ foram superiores na testemunha, possivelmente pelo menor crescimento das mudas e, conseqüentemente, pela menor extração, enquanto que no LV, não houve diferença entre os tratamentos. Os valores acumulados nas raízes das plantas conduzidas no NQ não sofreram influência dos tratamentos, enquanto no LV, apenas a testemunha foi inferior aos demais tratamentos.

Conforme observado por Carvalho (1999), pode-se admitir que o eucalipto, em pequena escala, responde à incrementos de Si no solo, mas não se pode admitir que seja uma espécie acumuladora, pois os teores, com exceção das raízes, nunca foram superiores à 0,5%.

Comparando-se as diferentes partes das plantas, o maior acúmulo de Si foi encontrado nas raízes, fato verificado também por Carvalho (2003) quando estudou o a absorção e translocação do Si em mudas de eucalipto.

Tabela 57. Porcentagem de Silício folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	% Silício											
	Folha			Galho			Tronco			Raiz		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	0,5 Aa	0,3Bb	0,4B	0,7ABa	0,5Bb	0,6A	0,3Ab	0,4Ba	0,3B	3,5Aa	0,7Ab	2,1A
NPK	0,4ABa	0,3Bb	0,4B	0,7ABa	0,5Bb	0,6A	0,3Ab	0,4Ba	0,4AB	0,9Ba	0,7Aa	0,8B
Calcário	0,4 Ba	0,5Aa	0,4B	0,8 Aa	0,4Bb	0,6A	0,3Ab	0,4Ba	0,3 B	0,9Ba	0,7Aa	0,8B
2400 kg escória/ha	0,4ABa	0,5Aa	0,5A	0,6 Ba	0,7Aa	0,6A	0,3Ab	0,6Aa	0,4 A	1,0Ba	0,6Aa	0,8B
Média	0,43 a	0,41a		0,7 a	0,48b		0,3 b	0,4 a		1,6 a	0,7 b	
	C.V.%= 20,54			C.V.%= 19,66			C.V.%= 17,09			C.V.%= 95,82		

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 58. Acúmulo (mg) de Silício folhas, galhos, troncos e raízes de eucalipto (6 meses) em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV), em função de diferentes tratamentos, no município de Botucatu/SP (2007)

Tratamento	Acúmulo (mg) de Si														
	Folha			Galho			Tronco			Raiz			Total		
	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med	NQ	LV	Med
Testemunha	513Ba	280Ca	396C	365Ba	81Cb	223C	150Ba	124Ca	137 C	3405Aa	493Bb	1949A	4433Bb	978Bb	4433B
NPK	1056Aa	867Ba	962AB	959Aa	606Bb	782B	631Ab	891Ba	761AB	2302Aa	2264Aa	2279A	4948Ba	4628Ab	4948A
Calcário	290 Bb	1406Aa	848 B	1126Aa	527Bb	826AB	580Aa	701Ba	640 B	2383Aa	2175Aa	2283A	4379Bb	4809Aa	4379B
2400 kg escória/ha	980 Ab	1422Aa	1201A	939 Aa	992Aa	966 A	518Ab	1141Aa	829 A	3046Aa	1289ABa	2438A	5483Aa	4844Ab	5483A
Média	710 b	994 a		847 a	551 b		470 b	714 a		2784 a	1690 b		4811 a	3815b	4811
	C.V.%= 21,62			C.V.%= 29,93			C.V.%= 29,14			C.V.%= 51,65					

Médias seguidas de letras minúsculas na horizontal (comparação entre solos) e/ou maiúsculas na vertical (comparação entre os tratamentos), diferem entre si pelo Teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

## 7 CONCLUSÕES

Após três meses a implantação do experimento, a aplicação de NPK + 2400 kg/ha de escória aumentou o pH e V% do solo e reduziu a acidez potencial no Latossolo e no Neossolo Quartzarênico.

Aos 6 meses de condução do experimento, a aplicação de doses crescentes de escória aumentou os teores de P em ambos os solos e o teor de K no Neossolo Quartzarênico.

Aumentos nas doses de escória promoveram incrementos na produção de massa verde e seca de folhas, área foliar e massa seca de galhos.

O aumento das doses de escória resultaram em:

→ Aumento dos teores foliares de Ca, B e Mn e maior acúmulo de N, P e B, em ambos os solos; promoveram também um maior acúmulo de K, Ca e Mg apenas no Latossolo;

→ Aumento dos teores e acúmulos de P, Ca, B, Cu e Fe nos galhos;.

→ Maiores teores de Ca e acúmulo de Ca e Mg nas raízes;

→ Aumento do teor de Si no solo.

Após seis meses do plantio, os valores de pH do solo foram semelhantes nos tratamentos NPK + 2400 kg/ha de escória e NPK + calcário.

A aplicação de NPK + 2400 kg/ha escória aumentou os teores de Ca no solo e resultou em menor acidez potencial quando comparada com a testemunha e aplicação de NPK.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, N. F.; et al.. Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.1, p.38-44, 1982.

BARROS, N. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa; Editora Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

BARROS, N. F. et al., Recomendações de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J. L. de M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.269-286.

BRASIL. Decreto, 14 jan 2004. n. 2954, Aprova o regulamento da lei n.6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e de comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e dá outras providências. DEC 004954, 24p. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do>>. Acesso em: 05 ago. 2007.

BÉLANGER, R. R.; et al. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, Ottawa, v. 79, n. 4, p. 329-32, 1995.

BEVERLY, R. B.; JARRELL, W. M. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances Agronomy**, San Diego. v.34, p. 197-224, 1981.



CARVALHO, R. **Interação silício-fósforo em latossolo vermelho-escuro e cambissolo cultivados com mudas de eucalipto**. 89 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1999.

CARVALHO, R. et al. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em latossolo e cambissolo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.27, n.3, p.491-500, maio/jun., 2003.

CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R. R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Phythium ultimum* on long *English cucumber*. **Plant Disease**, Ottawa, v. 76, p. 1008-1011, 1992.

CUNHA, A. R., et al. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Köppen. In: **SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA**, 1., 1999. Botucatu **Anais...** Botucatu. UNESP, FCA, 1999. p. 487-91.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA**, 4., 2007, Botucatu : FEPAF, 2007. v. 1.

DAL POGETTO, M. H. F. A.; et al. Aplicação foliar de silício em plantas de feijão. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA**, 4., 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu : FEPAF, 2007. v. 1, p. 163-166.

DATNOFF, L. E.; et al. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Plant Disease**, Ottawa, v. 75, p. 729-732, 1991.

DEREN, C. W.; et al. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 733-37, 1994.

ELLIOTT, C. L.; SNYDER, G. H. Autoclave induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agricultural and Food Chemical**, Washington, v.39, p.1118-1119, 1991

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plantio de florestas de rápido crescimento para madeira nobre**: alternativa de renda para pequenos e médios produtores rurais. Brasília, 2003. Disponível em:

<[http://www.cnpf.embrapa.br/publica/folders/Eucalipto01\\_2003.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/publica/folders/Eucalipto01_2003.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2007.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. National Academy of Sciences of the United States of America 91. **Proceedings...** p.11-17.1994.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and plant Molecular Biology**,

v. 50, p. 641-664, 1999. Disponível em :

<<http://arjournals.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>>. Acesso em 14 abr. 2007.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs. Concepts. In: Dantnoff, L. E.; Snyder, G. H.; Korndörfer, G. H. (Eds.) **Silicon in Agriculture**. Elsevier, New York. p.1-15, 2001.

FREITAS, L. C.; et al. Contribuição ao estudo da sílica solúvel em alguns perfis de solos. **Científica**, Jaboticabal, v. 5, n. 2, p. 296-305, 1977.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...Águas de Lindóia**: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 1 CD-Rom.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 80-104.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição de árvores. In. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000 b. p. 01-57.

GUEDES, I. M. R., **Vida de silício**. 2006. Disponível em:  
<<http://pedogeo.blogspot.com/2006/08/vida-de-silcio.html>>. Acesso em 01 out 2007.

GUERRINI, I. A. **Recuperação do nitrogênio do sulfato de amônio (<sup>15</sup>N) pelo *Eucalyptus grandis* (Hill, ex-Maiden), em função do modo de aplicação e do tipo de solo**. 1990. 195 p. (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Disponível em:  
<<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/28112002pevs.shtm>>. Acesso em 12 out 2007.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Fatos e números do Brasil florestal**. 2006. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>>. Acesso em 02 nov. 2007.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 70, p. 1-3, 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura”, 2004. 14p. (**Boletim Técnico, 2**).

LELES, P. S. S et al. Crescimento e arquitetura radicial de plantas de eucalipto oriundas de mudas produzidas em blocos prensados e em tubetes, após o plantio. **Cerne**, Lavras, v.7, p.10-19, 2001.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. Silício pode aumentar a resistência de plantas à doenças. **Boletim Informativo do Grupo de Estudos “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, n. 2, p. 10-11, 1998.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. Supressão de patógenos em solos induzida por agentes abióticos: o caso do silício. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 8-12, 1999. Encarte técnico.

MA, C.; et al. Identification and characterization of a stress-inducible and a constitutive small heat-shock protein targeted to the matrix of plant peroxisomes. **Plant Physiology**, New York, Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/cgi/reprint/141/1/47.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas** : princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba : Associação Brasileira para a Pesquisa de Potássio e Fosfato, 1997. 319 p.

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

MAUAD, M. **Desenvolvimento e marcha de absorção de silício em plantas de arroz sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada**. 2006. 107 f. Tese (Doutorado em

Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MENZIES, J. G. et al. Effects of silicon soluble on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, p. 84-88, 1991.

MOLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1992. 120 p. Tese Doutorado Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fonte de nutrientes e condicionadores de solos florestais. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V.(Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 385-414

NOVAIS, R. F.; et al. **Eficiência agronômica de escórias da Siderurgia Pains**. Viçosa: UFV, 1995. sem paginação.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, F. C. L. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In. GONÇALVES, J. L. M., BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 80-104.

OBIRARA, C. H.; RUSSESL, E. W. Specific adsorption of the silicate and phosphate by soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 23, p. 105-117, 1972

OLIVEIRA, A. C.; et al. Uso de escória de alto forno como fonte de nutrientes na adubação florestal. In: GUERRINI, I. A.; BELLOTE, A. F. J.; BULL, L. T. **Seminário sobre uso de resíduos florestais e urbanos em florestas**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1994. p. 77-96.

PAULA, R. C.; et al. Exportação de nutrientes por famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. In: IUFRO - International Union of Forest Research Organizations.

Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts 1., 1997, Salvador, **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1997. v. 1, p. 200-205.

PEREIRA, J. E. **Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno.** 1978. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978

PIAU, W. C. **Viabilidade do uso de escórias como corretivo e fertilizantes.** 1991. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 1991 .

PIAU, W. C. **Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.).** 1995. 124 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 1995 .

PIERRE, W. H. Neutralizing values and rate of reaction with and soils of different grades and kinds of liming materials. **Soil Science.**, New Brunswick, v.29, p.137-158, 1930.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 24, p. 28-96, 1972. Disponível em:  
<<http://www.garfield.library.upenn.edu/classics1983/A1983QQ90500001.pdf>>. Acesso em 05 mar. 2008.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p.

RAIJ, B. Van.; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos . **Bragantia**, Campinas, v. 32, p. 223-231, 1973. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Bragantia/Bragantia.htm>>. Acesso em 15 ago. 2007.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. **Boletim Técnico, Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas n. 81, p. 1-31, 1983.

RAIJ, B. Van (Ed.); et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico, Instituto Agronômico de Campinas**, n. 100, 1997. 297 p., 2 .ed.

RAIJ, B. Van; et al. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge, v. 58, p. 179-207, 1983.

SAMUELS, A. L., GLASS, A. D. M.; MENZIES, J. G.; EHRET, D. L. Silicon in cell walls and papillae of *Cucumis sativus* during infection by *Sphaerotheca fuliginea*. **Physiological and molecular plant pathology**, v. 44, p. 237-242, 1994.

SANTANA, D. L. Q.; et al., 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.

SILVA, M. L. S.; BRASSOLI, F. B.; FERNANDES, F. M. **Aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez**: disponibilidade de fósforo e silício em solos. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2003, Ribeirão Preto – SP. **Anais...** São Paulo: UNESP/ Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

SILVEIRA, R. L.V. A.; et al. Absorção e exportação de micronutrientes pelas brotações do clone de *Eucalyptus saligna* – 202 em condições de jardim clonal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos expandidos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 848- 850.

SILVEIRA, R. L. B. A.; HIGASHI E. N. Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n. 200, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/>>. Acesso em: 05 jan. 2008.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; et al. **Science of rice plant physiology**. Tokyo: Nobunkyo, 1995. v. 2, chap. 5, p. 420-433.

TISDALE, S. L.; et al. **Soil fertility and fertilizer**. New York: Macmillam, 1993. 634 p.

YASSUDA, M. **Comportamento de fosfatos em solos de cerrado**. 1989. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

WIKIPÉDIA.. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sil%C3%ADcio>>. Acesso em: 10 out. 2007.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)