

Produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado, em resposta à aplicação de calcário, via calcário e gesso agrícola

Productivity of eucalypt at 18 months of age, in Cerrado region, in response to application to application of calcium, by lime and to gypsum amendments

Fernando Antonio Vieira Rodrigues¹, Víctor Hugo Alvarez V.²,
Nairam Félix de Barros², Ivo Ribeiro da Silva³ e Júlio César Lima Neves³**Resumo**

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, em resposta a aplicação de calcário e gesso agrícola, na região do Cerrado. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, com 205 g kg⁻¹ de argila. Os fatores em estudo foram: sem e com calcário; localização em faixa (F) e área total (T); sem e com incorporação; mais quatro tratamentos adicionais [dois com gesso (G) e dois com fosfato natural reativo (FNR)], arranjados em um fatorial [(2³ - 1) + 2 + 2], dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições. A dose de calcário foi de 3,0 Mg ha⁻¹, exceto nos tratamentos com gesso (1,0 Mg ha⁻¹ de gesso) e naqueles com FNR, nos quais se aplicaram 2,4 Mg ha⁻¹ de calcário. A aplicação de calcário+gesso aumentou a produção de madeira em 96 %, comparado com ausência de calcário, e em 24 % em relação à aplicação de calcário isoladamente. Na aplicação de calcário+gesso, o gesso aplicado em faixa, promoveu maior aumento na produção, comparado ao gesso em área total.

Palavras-chave: calagem, cálcio, enxofre, localização, crescimento, *Eucalyptus*.

Abstract

The aim of this study was to evaluate eucalypt productivity, at 18 months of age, in response to calcium application, by limestone and gypsum application in Cerrado soil. The experiment was carried out in a sandy-loam Oxisol with 200 g kg⁻¹ clay. The factors studied were: without and with limestone; dispensed in strip and broadcast; without and with incorporation; plus four additional treatments [two with gypsum (G) and two with reactive rock phosphate (RPR)], arranged in a [(2³ - 1) + 2 + 2] factorial scheme, in a randomized block design, with four replications. The application rate of limestone was 3.0 Mg ha⁻¹, except for treatments with gypsum (1.0 Mg ha⁻¹) and those with FNR in which 2.4 Mg ha⁻¹ of limestone were applied. Application of limestone+gypsum increased stem production by 96 % in comparison to the absence of limestone and 24 % in comparison to limestone alone. Application of limestone+gypsum, with the latter applied in a strip along the planting strip; promoted greater increase on the production variables as compared to gypsum broadcast.

Keywords: liming, calcium, sulfur, location, growth, *Eucalyptus*.

INTRODUÇÃO

O eucalipto apresenta bom crescimento mesmo em solos com elevada acidez ativa e trocável, ou seja, é uma espécie tolerante a acidez do solo que dispensa a calagem com o objetivo de corrigi-la (BARROS et al., 1990; NOVAIS et al., 1990; BARROS; NOVAIS, 1999). Por outro lado, segundo estimativas feitas pelo software NUTRICALC® - versão generalista, a quantidade de Ca acumulada na parte aérea até o 7º ano é de 416 kg ha⁻¹ de Ca, em povoamentos com produtividade da ordem de 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Considerando os solos de regiões tropicais, como os de Cerrado, bem desenvolvidos e com baixos teores de Ca, há, portanto, a necessidade de fornecer esse nutriente via corretivos e, ou, fertilizantes. Devido ao menor custo, tem sido dada preferência à aplicação de calcários com o objetivo principal de fornecer Ca e Mg às plantas.

¹Professor Doutor. CEFET-MG Campus Curvelo. Rua Santa Rita, 900, Bairro Santa Rita - 35790-000 - Curvelo, MG, Brasil. E-mail: fernandovr@curvelo.cefetmg.br

²Professor Aposentado do Departamento de Solos, bolsista CNPq. UFV - Universidade Federal de Viçosa. Avenida P. H. Rolfs s/n - 36571-000 - Viçosa, MG. E-mail: vhav@ufv.br, nfbarros@ufv.br

³Professor do Departamento de Solos. UFV - Universidade Federal de Viçosa. Avenida P. H. Rolfs s/n - 36571-000 - Viçosa, MG, Brasil. E-mail: ivosilva@ufv.br, julio_m2003@yahoo.com.br

Os primeiros estudos sobre nutrição e fertilização para a cultura do eucalipto no Brasil, datam do final da década de 70, e mesmo para as produtividades obtidas naquela época, essa espécie florestal já se mostrava responsiva a aplicação de calcário e gesso (BARROS et al., 1990). Com a adoção do sistema de cultivo mínimo na área florestal, que se constitui do preparo localizado apenas na linha ou na cova de plantio, a aplicação do calcário passou a ser feita, na maioria dos casos, na superfície do solo em área total e sem incorporação. Porém, comumente têm sido encontrados povoamentos de eucalipto com baixos teores de Ca nas folhas (MARTINS et al., 2007). Daí surge a seguinte questão: será que a aplicação de calcário em área total, sem incorporação é realmente a melhor forma (e fonte) de suprir Ca ao eucalipto?

Trabalhos de campo com espécies florestais são mais escassos na literatura, devido ao longo tempo necessário para as avaliações experimentais. Respostas positivas foram encontradas pelo fornecimento de Ca ao eucalipto, pela aplicação no campo de calcário (ROCHA et al., 2008), calcário e silicato (SILVA; COELHO, 2010).

A aplicação de gesso promovendo movimentação de Ca e S no perfil do solo e melhorando o ambiente para o crescimento radicular, possui relatos consistentes (CAIRES et al., 2004; CAMILO, 2007; SOBRAL et al., 2009; NEIS et al., 2010). Por outro lado, o aumento de produtividade em resposta a aplicação de gesso é bastante variável, com ausência de resposta em soja (CAIRES et al., 2003; NEIS et al., 2010), café (CAMILO, 2007), resposta positiva em café (GUIMARÃES, 1992), milho (CAIRES et al., 2004), aveia-preta (SORATTO; CRUSCIOL, 2008), trigo (CAIRES et al., 2002), algodão à aplicação de S elementar (REIS JR. et al., 2012).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a produtividade de eucalipto, aos 18 meses de idade, em resposta à aplicação de cálcio, na forma de calcário e gesso agrícola, em um solo de textura média, na região do Cerrado do Estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na empresa Raiz Florestal Agropecuária LTDA, no município de Três Marias-MG, instalado em dezembro de 2010, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico (Tabela 1) com localização de 18° 12' 07" S e 45° 00' 01" W. Trata-se de uma área de reforma com poucos resíduos na superfície do solo. As proporções médias de areia grossa, areia fina, silte e argila foram de 129; 624; 42 e 205 g kg⁻¹, respectivamente e densidade de 1,35 g cm⁻³ (método da proveta).

Tabela 1. Caracterização química do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) antes da instalação do experimento.
Table 1. Chemical characteristics of the Oxisol prior to the beginning of the experiment.

Prof. cm	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	P	K	S	Cu	Zn	Fe	Mn	B	MOS	P-rem	
		cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³									dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
0-10	4,06	n/d	0,01	0,81	4,6	0,9	17	16	0,20	0,34	125	10,2	0,14	2,35	23,1	
10-20	4,88	n/d	n/d	0,53	3,7	0,6	12	14	0,20	0,20	139	9,0	0,10	1,71	20,8	
20-40	5,25	n/d	n/d	0,31	2,9	0,3	9	14	0,17	0,10	125	7,8	0,07	1,33	21,4	
40-60	4,33	n/d	n/d	0,19	2,4	0,4	6	14	0,13	0,06	87	7,9	0,09	1,03	19,4	

n/d: não detectado; pH em água - relação 1:2,5; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - extrator KCl 1,0 mol L⁻¹; H+Al - extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; S - extrator [Ca(H₂PO₄)₂] 500 mg L⁻¹ de P, em HOAc 2,0 mol L⁻¹; P, K, Cu, Zn, Fe e Mn - extrator Mehlich-1; B - extrator CaCl₂ 5 mmol L⁻¹; MOS - C. org. x 1,724 -Walkley Black; P-rem - fósforo remanescente.

Com base na análise de solo, a dose de Ca e dos demais nutrientes aplicados foi definida pelo software NUTRICALC® (BARROS et al., 1995), que possui como princípio calcular a quantidade de nutrientes requerida pelo eucalipto para atingir uma determinada produtividade, considerando que o solo é capaz de suprir parte dos nutrientes.

O experimento teve os seguintes fatores em estudo: sem e com calcário, localização em faixa (F) e área total (T), sem e com incorporação, mais quatro tratamentos adicionais [dois com gesso (G) e dois com fosfato natural reativo (FNR)], arrançados em um fatorial [(2³ - 1) + 2 + 2], dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 44 unidades experimentais. Optou-se por MAP e FNR como fontes de P sem e com Ca, respectivamente, para aplicação no sulco de subsolagem.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos de acordo com o fatorial $[(2^3 - 1) + 2 + 2]$.**Table 2.** Description of treatments according to the factorial $[(2^3 - 1) + 2 + 2]$.

Tratamento	CALCÁRIO	Localização	Incorporação	GESSO	Localização	Incorporação	Fonte de P ¹
sCFsl	s	F	s	-	-	-	MAP
sCFcl	s	F	c	-	-	-	MAP
sCTcl	s	T	c	-	-	-	MAP
cCFsl	c	F	s	-	-	-	MAP
cCFcl	c	F	c	-	-	-	MAP
cCTsl	c	T	s	-	-	-	MAP
cCTcl	c	T	c	-	-	-	MAP
(cCT+cGF)sl	c	T	s	c	F	s	MAP
(cCT+cGT)sl	c	T	s	c	T	s	MAP
sCFslcFNR	s	F	s	-	-	-	FNR
cCTslcFNR*	c	T	s	-	-	-	FNR

s = sem; c = com; C = calcário; G = gesso; F = faixa; T = área total; l = incorporação; ¹Fonte de P no sulco de subsolagem: MAP = fosfato monoamônico e FNR = fosfato natural reativo.

O espaçamento de plantio foi de 3,40 m x 2,65 m. Cada unidade experimental possui oito linhas com 19 plantas, sendo a bordadura constituída por duas linhas externas de cada lado e três plantas de cada extremidade, ou seja, a parcela útil foi constituída pelas 52 plantas centrais. Foram utilizadas mudas do clone I-144 (*E. urophylla* x *E. grandis*).

O tratamento cCTslcFNR (com calcário em área total, sem incorporação e com FNR no sulco de subsolagem) em destaque na tabela 2, constitui-se naquilo que é praticado pela grande maioria das empresas do setor florestal. Os tratamentos sem gesso e com MAP compõem o fatorial, enquanto que os com gesso e com FNR são os tratamentos adicionais de interesse. O “- 1” do fatorial $(2^3 - 1)$ corresponde ao tratamento sCTsl (sem calcário em área total e sem incorporação), o qual não difere na prática do sCFsl (sem calcário em faixa e sem incorporação).

Como fonte de P foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de MAP, exceto em dois tratamentos adicionais sCFslcFNR (sem calcário, sem incorporação) e cCTslcFNR (com calcário em área total, sem incorporação e com FNR), os quais receberam 500 kg ha⁻¹ de FNR. A escolha pelo MAP deve-se ao fato de, com a sua utilização, ter-se-ia assegurado a ausência total de fornecimento de Ca naqueles tratamentos sem calcário. Tanto o MAP quanto o FNR foram aplicados no sulco de subsolagem a 45 cm de profundidade. A dose de cálcio aplicada foi de 627 kg ha⁻¹, isso correspondeu a 3,0 Mg ha⁻¹ de calcário, exceto nos tratamentos com gesso (1,0 Mg ha⁻¹) e FNR, os quais receberam 2,4 Mg ha⁻¹, modo a manter a mesma dose de Ca aplicada.

A aplicação do calcário foi realizada em área total ou em faixa. Quando aplicado em faixa, esta possui largura de 70 cm situado sobre a linha de plantio, e neste caso a dose aplicada por ha foi a mesma aplicada em área total, apenas concentrada numa área correspondente a 20 % da área total. A incorporação, quando realizada, foi feita até 20 cm de profundidade.

O plantio das mudas foi feito sete dias após a aplicação dos tratamentos. No quinto dia após o plantio, foram aplicados 100 g muda⁻¹ de NPK (6-30-6 + 1,5 % B + 0,5 % Cu + 0,5 % Zn), divididos em duas covetas laterais. Em cobertura, foram aplicados 120 e 160 kg ha⁻¹ no 4º e no 13º mês, respectivamente, de KCl (44 % K₂O + 1,5 % B + 0,5 % Cu).

Após 18 meses da implantação do experimento, foi feita a medição do DAP (diâmetro a 1,30 m de altura) das 52 plantas da parcela útil para calcular o diâmetro médio de cada parcela. A árvore média foi abatida, medida sua altura e pesada a matéria fresca de seus componentes (folha, galho e fuste). Retirou-se amostra composta de cada componente em separado (folha, galho, casca e lenho) para determinação da massa de matéria seca.

Com a finalidade de calcular o volume de madeira, foram retirados discos, com e sem casca (base, meio e ponta do fuste) sendo último disco retirado na altura em que o diâmetro era de 3,0 cm, das árvores abatidas. De posse destas medidas, utilizando a fórmula de Smalian, calcularam-se os volumes com e sem casca e pela diferença entre ambos, foi obtido o volume de casca de cada árvore. O volume de madeira produzido por hectare foi calculado pela multiplicação das medições da árvore média pelo número de árvores ha⁻¹, ou seja, 1.111 árvores.

Foram retiradas amostras de folhas, pesadas e preservadas em geladeira, para medição da área foliar no Area Meter MK-2. Posteriormente a amostra foi secada em estufa e pesada novamente para determinar a massa de matéria seca da amostra. Com base na massa total de folhas e área foliar, calculou-se o índice de área foliar (IAF) expresso em m² de área foliar por m² de solo, tendo em vista que cada planta ocupa uma área de 9,0 m². As amostras de material vegetal foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel e levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante, para determinação da massa de matéria seca.

Inicialmente, verificou-se a normalidade dos erros e a homogeneidade de variância. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância. Os efeitos médios das fontes, localização e incorporação foram comparados por contrastes ortogonais e de interesse, utilizando os softwares Statistica 8.0 e Excel 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produtividade dos componentes da parte aérea

As produtividades obtidas de fuste podem ser classificadas em quatro grupos decrescentes: alta, média, baixa, muito baixa (Tabela 3). Nessa sequência, os tratamentos com calcário+gesso [(cCT+cGF)sl e (cCT+cGT)sl] tiveram altas produtividades, os com calcário (cCFsl, cCFcl, cCTsl, cCTcl e cCTslcFNR) médias, o sem calcário, sem incorporação e com FNR (sCFslcFNR) baixa, e os sem calcário e com MAP (sCFsl, sCFcl e sCTcl) muito baixas.

Expressivo ganho de produção volumétrica de fuste foi observado com aplicação conjunta de calcário+gesso chegando a atingir 96 % a mais de produção (média de 29,1 m³ ha⁻¹) do que os tratamentos sem aplicação de calcário (sCFsl, sCFcl e sCTcl) que tiveram produção média de 14,9 m³ ha⁻¹ (Tabela 3). A aplicação de calcário+gesso, nas doses de 2,4 + 1,0 Mg ha⁻¹, respectivamente, produziu 24 % a mais do que a aplicação isolada de 3,0 Mg ha⁻¹ de calcário, destacando-se o efeito do gesso no suprimento de Ca e também de S.

Tabela 3. Produção de massa de matéria seca da parte aérea (mMSPA), características dendrométricas, % de ganho e índice de área foliar (IAF) do eucalipto aos 18 meses de idade.

Table 3. Aerial dry mass production; dendrometrical features; and increment in leaf area index (LAI) of eucalypt at 18 months of age.

Treatments ¹	mMSPA	Fuste	Lenho	Casca	Folha	Galho	Fuste	Lenho	Casca	Ganho Fuste	DAP	B	Altura	IAF
	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹				m ³ ha ⁻¹			%	cm	m ² ha ⁻¹	m	m ² m ⁻²	
sCFsl	9,9	4,95	4,06	0,88	2,98	1,93	14,9	11,5	3,38	0	6,4	3,55	8,1	2,65
sCFcl	10,5	5,35	4,36	0,99	3,15	2,02	15,5	12,2	3,29	0	6,5	3,73	8,4	2,65
sCTcl	10,2	4,91	4,01	0,90	3,34	1,91	14,2	11,4	2,80	0	6,4	4,92	8,2	2,68
cCFsl	14,8	8,07	6,72	1,35	4,15	2,61	23,2	18,7	4,46	56	7,5	4,88	9,6	3,67
cCFcl	14,4	7,80	6,46	1,34	4,03	2,55	23,1	18,3	4,82	55	7,5	3,58	9,5	3,30
cCTsl	14,5	8,42	7,10	1,32	3,75	2,34	24,2	19,2	4,95	63	7,6	5,09	9,7	3,13
cCTcl	15,9	8,68	7,26	1,43	4,40	2,82	24,1	19,3	4,75	62	7,8	5,26	9,6	3,78
Média (fatorial)	12,9	6,88	5,71	1,17	3,69	2,31	19,9	15,8	4,06	59	7,1	4,43	9,0	3,12
(cCT+cGF)sl	18,6	10,50	8,87	1,63	4,83	3,29	29,6	23,8	5,80	99	8,2	5,87	10,2	3,94
(cCT+cGT)sl	16,9	9,50	8,03	1,48	4,37	3,01	28,7	23,0	5,76	93	7,9	5,42	9,9	4,09
sCFslcFNR	12,1	6,34	5,19	1,15	3,55	2,17	18,7	15,4	3,33	26	7,0	4,27	9,0	2,89
cCTslcFNR	14,3	7,73	6,37	1,36	4,05	2,53	23,0	18,2	4,82	55	7,6	5,00	9,1	3,60
Média (adicionais)	15,5	8,52	7,12	1,41	4,20	2,8	25,0	20,1	4,93	68	7,7	5,14	9,6	3,63
Média geral	13,8	7,48	6,22	1,26	3,87	2,47	21,7	17,4	4,4	46	7,3	4,69	9,2	3,31
CV (%)	9,8	33,5	35,5	25,1	18,0	21,3	11,9	12,6	13,7	-	7,6	8,6	4,1	13,2

s = sem; c = com; C = calcário; G = gesso; F = faixa; T = área total; l = incorporação; Ganho: no volume de fuste em relação à média dos três tratamentos sem calcário do fatorial; DAP: diâmetro a altura do peito (1,30 m de altura); B: área basal; IAF: índice de área foliar. ¹Nos dois tratamentos indicados, a fonte de P no sulco de subsolagem é o FNR (fosfato natural reativo), nos demais é MAP (fosfato monoamônico).

Segundo Alvarez V. et al. (2007), o eucalipto é considerado uma planta exigente em S. Barros et al. (1990) detectaram aumento de 200 a 225 % no volume de fuste de *E. grandis*, em dois Latossolos (LV e LVA), quando foram aplicados em torno de 100 g planta⁻¹ de gesso. Critérios para a recomendação de gesso agrícola podem ser encontrados em Alvarez V. et al. (1999).

Ressalta-se também o ganho médio de 58 % no volume de fuste nos tratamentos que receberam a aplicação de calcário isoladamente em F ou T (cCFsI, cCFcI, cCTsI, cCTcI e cCTsIcFNR), comparado com a não aplicação (sCFsI, sCFcI e sCTcI), tornando evidente a resposta do eucalipto à aplicação de calcário, especialmente para suprir a demanda de Ca e Mg. As respostas do eucalipto a Ca influenciam mais o crescimento em diâmetro do que em altura (BARROS et al., 1990). Plantas de *E. saligna*, com 24 meses de idade, que receberam 2,0 Mg ha⁻¹ de calcário apresentaram superioridade no DAP comparado com plantas sem adição de Ca (MELO, 1968). Resultados semelhantes foram obtidos por Valeri et al. (1983), num solo com 0,2 cmol_c dm⁻³ de (Ca²⁺ + Mg²⁺), em que a aplicação de 2,0 Mg ha⁻¹ de calcário resultou em aumento do diâmetro de *E. grandis* até 18 meses de idade.

A média geral dos tratamentos da variável altura foi de 9,2 m. O crescimento em altura apresentou diferenças de menor magnitude do que as encontradas para volume de fuste, sendo em média de 8,2, 9,5 e de 10,0 m de altura, para os tratamentos sem calcário, com calcário e com calcário+gesso, respectivamente. Isso reforça o maior efeito da calagem e do gesso no aumento do diâmetro, conforme registrado anteriormente.

O volume de casca foi em média igual a 20,2 % do volume total do tronco, variando de 17,8 a 22,7 %. A densidade do lenho teve média dos tratamentos de 0,357 Mg m⁻³ e muito pouco variável entre os tratamentos, de 0,337 a 0,376 Mg m⁻³.

O contraste 1 (C₁) da tabela 4, faz uma comparação ampla entre os tratamentos que compõem o fatorial 2³ (calcário x localização x incorporação) com os tratamentos adicionais (calcário+gesso e FNR), mostrando a clara superioridade dos tratamentos adicionais, para todos os contrastes médios das características dendrométricas, significativos a 1 % de probabilidade. Esse resultado se deve ao efeito do gesso e do calcário, pois no grupo do fatorial há quatro tratamentos sem calcário (50 % dos tratamentos) e nos adicionais apenas um (25 %).

Tabela 4. Contrastes médios e suas significâncias para a produção de massa de matéria seca da parte aérea (mMSPA), características dendrométricas e índice de área foliar (IAF) do eucalipto aos 18 meses de idade.

Table 4. Mean values for contrasts and its statistical significance for aerial part DMM; dendrometric characteristics and leaf area index (LAI) of eucalypt at 18 months of age.

CONTRASTE	Mg ha ⁻¹						m ³ ha ⁻¹			DAP	B	Altura	IAF
	mMSPA	Fuste	Lenho	Casca	Folha	Galho	Fuste	Lenho	Casca	cm	m ² ha ⁻¹	m	m ² m ⁻²
C ₁ : fatorial vs adicionais	2,97 **	1,88 **	1,61 **	0,27 **	0,60 **	0,48 **	5,8 **	4,8 **	0,9 **	0,7 **	0,82 * *	0,65 **	0,57 **
C ₂ : sC vs cC d/MAP	4,81 **	3,20 **	2,76 **	0,45 **	0,97 **	0,63 **	8,8 **	7,2 **	1,5 **	1,2 **	1,44 **	1,36 **	0,81 **
C ₃ : F vs T d/sC d/MAP	-0,18	-0,22	-0,17	-0,04	0,09	-0,06	-0,7	-0,4	-0,3	-0,1	-0,07	-0,09	0,02
C ₄ : sl vs cl d/sCF d/MAP	0,67	0,40	0,30	0,11	0,17	0,09	0,6	0,7	-0,1	0,2	0,18	0,26	0,00
C ₅ : sl vs cl d/sCT d/MAP	0,31	-0,03	-0,05	0,02	0,36	-0,02	-0,7	-0,1	-0,6	0,0	0,04	0,07	0,03
C ₆ : F vs T d/cC d/MAP	0,60	0,62 °	0,59 °	0,03	-0,01	0,00	1,0	0,8	0,2	0,2 °	0,28 °	0,11	-0,03
C ₇ : sl vs cl d/cCF d/MAP	-0,46	-0,27	-0,26	-0,01	-0,12	-0,06	-0,1	-0,4	0,4	0,0	-0,05	-0,08	-0,37
C ₈ : sl vs cl d/cCT d/MAP	1,38	0,26	0,16	0,10	0,64 *	0,47 *	-0,1	0,1	-0,2	0,2	0,17	-0,10	0,65 *
C ₉ : cC+cG vs cFNR	-4,57 **	-2,97 **	-2,67 **	-0,29 **	-0,80 **	-0,80 **	-8,3 **	-6,6 **	-1,7 **	-0,8 **	-1,01 **	-1,00 **	-0,77 **
C ₁₀ : cGF vs cGT d/cCT	-1,72 °	-1,00	-0,85	-0,15	-0,45	-0,28	-0,9	-0,8	-0,1	-0,3	-0,45	-0,38	0,14
C ₁₁ : sC vs cC d/FNR	2,25 *	1,39 *	1,18 °	0,21 °	0,50 °	0,37 °	4,3 *	2,8 °	1,5 **	0,6 *	0,73 *	0,18	0,71 *
C _{A1} : cC vs cC+cGF d/Tsl	4,10 **	2,08 **	1,77 **	0,30 **	1,08 **	0,94 **	5,4 **	4,6 **	0,8 °	0,6 *	0,78 *	0,55 *	0,81 *
C _{A2} : cC vs cC+cGT d/Tsl	2,37 *	1,08	0,93	0,15	0,62 *	0,67 **	4,6 *	3,8 *	0,8 °	0,3	0,33	0,18	0,96 **
C _{A3} : MAP vs FNR d/sCFsl	2,20 *	1,39 *	1,12 °	0,27 *	0,57 °	0,24	3,8 *	3,9 *	-0,1	0,6 **	0,73 *	0,82 **	0,23
C _{A4} : MAP vs FNR d/cCTsl	-0,21	-0,69	-0,73	0,04	0,30	0,19	-1,1	-1,0	-0,1	0,0	-0,10	-0,55 *	0,47
C _{A5} : cC vs cC+cG d/MAP	2,85 **	1,76 **	1,57 **	0,19 **	0,52 **	0,57 **	5,5 **	4,5 **	1,0 **	0,4 **	0,61 **	0,47 **	0,55 **

°, * e ** = significativo a 10, 5, e 1 % pelo teste F, respectivamente. s = sem; c = com; C = calcário; G = gesso; F = faixa; T = área total; I = incorporação; d/ = dentro de; FNR = fosfato natural reativo; MAP = fosfato monoamônico; B = área basal (considerando 1.111 árvores ha⁻¹); DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m de altura). Sinal positivo indica que a média do segundo tratamento (ou grupo de tratamentos) é maior que o primeiro, enquanto que o sinal negativo indica o contrário.

Ao se comparar a aplicação apenas de calcário com a aplicação de calcário+gesso dentro de MAP, percebe-se expressivo aumento de produção de todas as características avaliadas (Tabela 3), conforme indica o C_{A5} (Tabela 4). A massa de matéria seca da parte aérea (mMSPA) foi aumentada em 2,85 Mg ha⁻¹, em média, enquanto que a produção de fuste teve aumento de 5,5 m³ ha⁻¹ (C_{A5}) pelo efeito do gesso (Tabela 4).

Frequentemente são encontrados resultados consistentes mostrando que a aplicação de gesso promove maior movimentação de Ca e S no perfil do solo e, portanto, melhora o ambiente para o

crescimento radicular (QUAGGIO et al., 1993; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004; CAMILO, 2007; SOBRAL et al., 2009; NEIS et al., 2010). Por outro lado, o aumento de produtividade em resposta a aplicação de gesso é bastante variável, com efeitos nulos em soja (CAIRES et al., 2003; NEIS et al., 2010), café (CAMILO, 2007), e positivos em café (GUIMARÃES, 1992), milho (CAIRES et al., 2004), aveia-preta (SORATTO; CRUSCIOL, 2008), algodão ao S elementar (REIS JR. et al., 2012).

Respostas positivas têm sido encontradas pelo fornecimento de Ca ao eucalipto, pela aplicação no campo de calcário, avaliado aos 8 meses de idade (ROCHA et al., 2008), calcário e silicato, avaliado aos 48 meses (SILVA; COELHO, 2010), calcário e lama de cal em vasos (SIMONETE et al., 2013).

Nos tratamentos que tiveram a aplicação combinada de calcário+gesso agrícola, na dose utilizada neste estudo ($2,4 + 1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente), houve diferença para aplicação em faixa em relação à aplicação em área total apenas na mMSPA ($- 1,72 \text{ t ha}^{-1}$). Embora não significativo para as demais variáveis, houve tendência (significativo a 20 % de probabilidade) de aumento da maioria das variáveis de produção (massa de matéria seca de lenho, de casca, de folha e de galho, DAP e altura) pela aplicação do gesso em faixa comparado com a aplicação em área total, conforme indica o C_{10} . Portanto, diante dos dados obtidos até os 18 meses, seria adequada a aplicação do gesso ($1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) em faixa combinado com $2,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário em área total.

Ao verificar os efeitos do calcário isoladamente e independente da forma de aplicação (faixa ou área total, sem ou com incorporação) frente à sua não aplicação, percebe-se aumento médio significativo de $4,81 \text{ Mg ha}^{-1}$ na mMSPA (C_2). O mesmo ocorreu para massa de matéria seca de todos os componentes da árvore em separado (fuste, lenho, casca, folha e galho), para o IAF e também para as variáveis dendrométricas (DAP, área basal e altura). Em síntese, a aplicação de calcário promoveu aumento da capacidade fotossintética (folhas e IAF) capaz de produzir plantas mais grossas (maior DAP) e com maiores alturas, culminando num aumento de $8,76 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em média, no volume de fuste produzido, até a idade de 18 meses.

Outro aspecto importante do aumento do IAF é seu reflexo no grau de sombreamento da superfície do solo e, portanto, no “fechamento” das entrelinhas que ocorre numa idade mais jovem, reduzindo o número e o custo das intervenções para controle de plantas daninhas.

Não houve diferença entre a aplicação de calcário em faixa ou área total para a grande maioria das características dendrométricas, a exceção da massa matéria seca de fuste e lenho e DAP, que tiveram efeito positivo da aplicação em área total (C_6).

Quando a aplicação do calcário foi realizada em faixa, o tratamento sem incorporação não promoveu diferenças no crescimento (C_7). Isso provavelmente ocorreu devido às semelhanças na movimentação de Ca e Mg no perfil do solo (dados não mostrados) mesmo sem incorporação, pois a dose efetiva aplicada na faixa também foi de $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, porém, considerando que a área da faixa corresponde a 20 % da área total, a superfície da faixa recebeu uma dose de calcário equivalente a 15 Mg ha^{-1} .

Na ausência de calcário, a aplicação de fosfato natural reativo (FNR) como fonte de P no sulco de subsolagem foi superior à aplicação de fosfato monoamônico (MAP), para a grande maioria das variáveis de produção (C_{A3}). É importante ressaltar que, além do P, o FNR adicionou 163 kg ha^{-1} de Ca, pois possui 37,2 % de Ca total na sua composição, enquanto o MAP adicionou $52,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (10,5 % de N no MAP). Esse resultado ocorreu especialmente na ausência de calcário, pois quando este foi aplicado, não houve diferença significativa na utilização do MAP ou FNR (C_{A4}). Isso indica que o efeito do Ca presente FNR suplantou o efeito do N presente no MAP, quando da ausência de calcário e num solo com teores não detectáveis de Ca^{2+} .

Os tratamentos que não tiveram a aplicação de calcário, mas tiveram incorporação (revolvimento do solo em faixa ou área total), não diferiram daqueles sem incorporação (C_4 e C_5), ou seja, nesse trabalho, o revolvimento do solo não alterou o crescimento das árvores. O revolvimento do solo acelera a decomposição de resíduos e da matéria orgânica do solo e isso libera nutrientes neles contidos, estimulando o crescimento inicial das plantas, fato que não ocorreu nesse estudo, provavelmente pela baixa quantidade de resíduos disponível no momento da implantação.

Os resultados obtidos nesse trabalho tornam evidente que, mesmo sendo uma espécie tolerante à acidez do solo (NOVAIS et al., 1990; BARROS; NOVAIS, 1999), o eucalipto responde positivamente a aplicação de Ca, especialmente em solos que apresentam teores de Ca^{2+} trocável próximos de zero ou não detectáveis, como o solo deste estudo. É bastante razoável considerar que parte considerável das respostas positivas da aplicação do gesso se deve ao S nele contido, conforme também indicam os resultados encontrados por Barros et al. (1990).

CONCLUSÕES

- 1) A aplicação de calcário+gesso aumentou a produção de fuste comparado com a ausência e presença apenas de calcário, aos 18 meses de idade.
- 2) Na aplicação de calcário+gesso, o gesso aplicado em faixa aumentou a produção de fuste e matéria seca da parte aérea, comparado a sua aplicação em área total.
- 3) A aplicação de calcário isoladamente aumentou em 58 % no volume de fuste, em relação ao controle, sem calcário.
- 4) Na ausência de calcário, a aplicação de fosfato natural reativo no sulco de subsolagem em relação ao MAP, aumentou a produção de fuste em 26 %.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a empresa Raiz Florestal, por ceder a área experimental e apoiar durante as fases de implantação, condução e coleta de dados. Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, pelo apoio na concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 67-78.
- ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIRARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. E.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 595-644.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Sugestões de Adubação para Grandes Culturas Anuais ou Perenes: Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 305-307.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990. p. 127-186.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; TEIXEIRA, J. L.; FERNANDES FILHO, E. I. NUTRICALC 2.0 - Sistema para calculo del balance nutricional y recomendacion de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, Valdivia, v. 16, n. 1, p. 129-131, 1995.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.
- CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 357-364, 2002.
- CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.
- CAMILO, N. F. P. **Produtividade do cafeeiro em resposta ao manejo da calagem e gessagem em Latossolo de Cerrado**. 2007. 83 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- GUIMARÃES, P. T. G. O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DO GESSO AGRÍCOLA NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. **Anais...** Uberaba, 1992.

MARTINS, L. G. C.; BARROS, N. F.; SCATOLINI, F. M. Perda de produtividade de florestas de eucalipto em Minas Gerais causada pela deficiência de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31 - Conquistas e Desafios da Ciência do Solo Brasileira, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007. v. 1. p. 168.

MELO, H. A. **Aspectos do emprego de fertilizantes minerais no reflorestamento de solos de cerrado do Estado de São Paulo, com *Eucalyptus saligna* Sm.** 1968, 176 p. Tese (Professor) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990, p. 25-98.

QUAGGIO, J. A.; VAN RAIJ, B.; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 375-383, 1993.

REIS JR., A. R.; SILVA, D. R. G.; ÁVILA, F. W.; ÁVILA, P. A.; SOARES, D.A.; FAQUIN, V. Productivity and agronomic efficiency of cotton plants in response to nitrogen and sulfur supply. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 555-561, 2012.

ROCHA, J. B. O.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; C. A.; CURI, N. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 255-263, 2008.

SILVA, J. C.; COELHO, L. Calcário e silicato aplicados em eucalipto: efeito no solo e na planta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 919-924, 2010.

SIMONETE, M. A.; CHAVES, D. M.; TEIXEIRA, C. F. A.; MORO, L.; NEVES, C. U. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1343-1351, 2013.

SOBRAL, L. F.; CINTRA, F. L. D.; SMYTH, J. T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 836-839, 2009.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Nutrição e produtividade de grãos da aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 715-725, 2008.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L.; FAZZIO, E. C. M.; CARRARA, M. A.; SOUZA, E. A.; AGUIAR, I. B.; BANZATTO, D. A.; BALERONI, J.; ABRAHÃO, I. S. Efeitos da adubação NPK e do calcário dolomítico no desenvolvimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Madein. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 531-536, 1983.

Recebido em 16/03/2015

Aceito para publicação em 07/07/2015