

Extração e acúmulo de fósforo na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*⁽¹⁾

Luciana Patrícia Rosa Dias⁽²⁾; **Luciano Colpo Gatiboni**⁽³⁾; **Gustavo Brunetto**⁽⁴⁾; **Mara Costa Freitas**⁽⁵⁾; **Daniel Linhares**⁽⁶⁾; **Bruna Bicarato**⁽⁷⁾;

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da FAPESC, parte da dissertação de mestrado da primeira autora; ⁽²⁾Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Departamento de Solos da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages (SC), lupatidias@hotmail.com; ⁽³⁾Eng. Agro. Dr. em Agronomia, professor UDESC, bolsista do CNPq; ⁽⁴⁾Professor do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; ⁽⁵⁾Estudante de graduação em Engenharia Florestal– UDESC; ⁽⁶⁾Estudante de graduação em Agronomia – UDESC; ⁽⁷⁾Estudante de graduação em Engenharia Ambiental– UDESC.

RESUMO: O eucalipto apresenta grande exigência de fósforo (P) na fase de implantação do florestamento. Este trabalho objetivou avaliar a resposta à adubação com fosfato solúvel (SFT) e diferentes fosfatos naturais (FNs) em solo sem e com calagem no crescimento inicial de eucalipto. Foram conduzidos dois experimentos em casa-de-vegetação, com mudas de *E. benthamii* e *E. dunnii*, utilizando os FNs Bayovar, Gafsa e Djebel, SFT como fonte solúvel de P e uma testemunha (sem P), em solo com e sem calcário. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5 x 2, com quatro repetições. As plantas foram cultivadas por 110 dias e foi determinado o acúmulo de P no tecido vegetal. As fontes de P apresentaram comportamento semelhante entre si, diferenciando-se da testemunha, promovendo aumento no teor de P acumulado na parte aérea das plantas de ambas espécies em relação a testemunha, principalmente em solo que não recebeu calagem.

Termos de indexação: Fontes de fósforo; Fosfatos naturais; Eucalipto.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do Brasil sempre esteve ligado ao setor florestal, onde o cultivo de florestas plantadas é prática crescente e rentável.

No caso da eucaliptocultura, a capacidade produtiva em nosso País provém do clima e das condições de solo que oferecem condições para o desenvolvimento da planta.

De acordo com Novais et al. (1982), a exigência do eucalipto pelo P diminui com o aumento da idade, em razão disso, o nível crítico de P no solo é mais alto na fase inicial de desenvolvimento, diminuindo drasticamente na fase de manutenção da floresta.

Os FNs possuem reatividade distintas, nos quais os FNs de origem sedimentar, têm apresentado resultados positivos para o fornecimento de P às plantas (Goedert & Souza, 1984; Kaminski, 1983).

O FN reativo de Gafsa (Tunísia) com 28% de P₂O₅ total, o Djebel Onk (Argélia) com 29% de P₂O₅

total e o Bayovar (Peru) com 34% de P₂O₅ total, são exemplos de FNs de origem sedimentar, e são utilizados no setor florestal como substitutos parciais ou totais dos fosfatos solúveis.

Novais et al. (1982) e Barros et al. (1992), relataram que o uso de FN tem sido promissor quando associado com fontes solúveis de P em resposta da alta demanda inicial do eucalipto, e indicam realizar a adubação fosfatada com a aplicação da fonte solúvel no momento do plantio.

Kaminski & Peruzzo (1997) relatam que à maior eficiência do fosfato solúvel como fonte de P, e também à maior eficácia no aumento da fertilidade de solos com baixo teor de P inicial, pois quando aplicado nas mesmas proporções de doses do FN, proporcionam maiores incrementos no P lábil do solo, e conseqüentemente elevam a classe de disponibilidade de P no solo.

Estudos comprovam que a fonte solúvel de P é a principal forma para a reposta inicial da planta devido à rápida disponibilização no solo, e que o uso dos FNs como complemento a adubação fosfatada tem se mostrado uma solução adequada para atender a demanda inicial de P no florestamento.

As informações sobre as respostas dos FNs nos solos ácidos da região do Planalto Sul catarinense são escassas e, por este motivo, o presente trabalho objetivou avaliar a resposta à adubação com fosfato solúvel e FNs em solos sem e com calagem no crescimento inicial de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, um com mudas clonais de *E. benthamii* (clone 116), e outro com *E. dunnii* (clone KS - 25), em casa-de-vegetação no Departamento de Solos da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages (SC) no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2011.

Foi utilizado um Cambissolo Húmico, coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, com posterior moagem e tamizamento em peneira de 4 mm, e acondicionados em estufa de 60 °C para secagem. Os tratamentos dos dois experimentos, foram constituídos de solo sem e com calagem e quatro

tipos de adubação fosfata (FNs Gafsa, Bayovar, Djebel e SFT) além de uma testemunha, arranjados em delineamento experimental inteiramente casualizado, em um fatorial 5 x 2, com quatro repetições.

No tratamento com calagem, foram aplicados 9,6 t ha⁻¹ de calcário, calculado pelo índice SMP para elevar o pH em água até 5,5 (CQFS-RS/SC, 2004). Os tratamentos sem calcário foram mantidos a pH natural de 4,2.

As fontes de P utilizadas foram os FN reativos de Gafsa (Tunísia) com 28% de P₂O₅ total), o Bayovar (Peru) com 34% de P₂O₅ total, o Djebel (Argélia) com 29% de P₂O₅ total, superfosfato triplo (fosfato solúvel com 42% de P₂O₅ total) e um tratamento testemunha (sem P).

Foram utilizados vasos com 8 kg de solo para o cultivo das mudas. A dose de P foi de 52,4 mg kg⁻¹ de P₂O₅, a qual foi aplicada e misturada em todo o solo contido nos vasos, juntamente com aplicação de KCl (41,5 mg kg⁻¹ K₂O), e uréia (13,1 mg kg⁻¹ de N), e o corretivo de acidez (calcário Filler 98,11% PRNT), aplicado apenas nos vasos com correção de pH.

Após a aplicação dos tratamentos, foi plantada uma muda por vaso e cultivada por 110 dias. A umidade do solo foi mantida próxima a 80% da capacidade de campo, por meio de irrigações diárias com água deionizada, efetuando-se monitoramento semanal através de pesagem dos vasos.

Na colheita, foi realizado o corte da parte aérea das plantas rente à superfície do solo e separadas as folhas, caule e ramos e raízes. Os materiais vegetais foram secos em estufa a 60°C por 72h.

As amostras foram moídas e submetidas à digestão segundo Tedesco et al. (1995), e com o extrato foi determinado os teores totais de P no tecido vegetal, segundo a metodologia de Murphy & Riley (1962).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (P<0,05) e conduzidas utilizando o software SAS[®] (Statistical Analysis System, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o *E. benthamii* o tratamento utilizado não ocasionou diferenças no acúmulo de P nas raízes (R), porém, estas diferenças foram observadas no acúmulo de P das folhas (F), do caule e ramos (CR), da parte aérea (PA) e total (T) (**Tabela 1**).

Em relação ao acúmulo de P na PA, todos os tratamentos com P mostraram respostas semelhantes entre si, diferenciando-se apenas da testemunha (menor resultado). Somente para as variáveis de F e PA a variação nos níveis de

calagem foram significativas, sendo que as melhores respostas foram resultantes dos solos com calagem. Não foi observada interação entre os tratamentos e os níveis de calagem para o *E. benthamii* (**Tabela 1**).

Para o *E. dunnii* houve diferença entre os tratamentos para as variáveis F, CR, PA e T (**Tabela 1**). O tratamento com SFT e FN Bayovar foram os tratamentos que resultaram maior acúmulo de P em relação a PA, os FN de Gafsa e Djebel mostraram semelhança entre si, sendo a testemunha o tratamento com o menor teor de P acumulado, este comportamento também foi verificado por Moeda & Bognola (2011), onde para o *E. dunnii*, o SFT promoveu maior acúmulo de P na parte aérea das mudas quando comparado ao FN de Gafsa.

Esses resultados devem estar associados às características peculiares de solubilidade e a dinâmica de liberação de P dos FN. Os fosfatos reativos caracterizam-se por apresentarem solubilidade intermediária entre os fosfatos acidulados e os FN brasileiros, o que lhes confere capacidade de liberação gradual do P no solo. Essa liberação ocorre por meio de processos semelhantes àqueles que controlam a solubilidade dos FN brasileiros, porém de forma mais intensa (Horowitz & Meurer, 2004).

Não ocorreram respostas aos níveis de calagem do solo para o *E. dunnii*, mas houve interação entre os tratamentos e os níveis de calagem para as variáveis CR e PA (**Tabela 1 e Figura 1**).

Na interação entre as fontes de P e os níveis de calagem no acúmulo de P no CR e PA, todos os tratamentos com P foram semelhantes entre si e superiores à testemunha no solo sem calagem (**Tabela 1**).

Para o solo com calagem, o FN Bayovar foi superior aos demais FN, com comportamento semelhante ao SFT (**Figura 1**). Já nas primeiras observações relacionadas com a nutrição mineral de plantas, constatou-se que os fertilizantes solúveis em água eram mais eficientes (Alcarde, 2007), porém, os FN reativos, neste caso o Bayovar, apresentou solubilização mais intensa na presença de calagem quando comparado aos demais FN, possivelmente devido a maior quantidade de P solúvel em ácido cítrico (16%) em comparação aos demais FN testados (9%), o que o torna mais semelhante às fontes solúveis.

Vale salientar que a interação não significativa entre as fontes de fósforo e a calagem (apresentando apenas efeito isolado) (**Tabela 1**), pode estar relacionada ao fato de que algumas espécies florestais apresentam grande variabilidade



de comportamento em relação à acidez do solo (Furtini Neto et al., 2000). Esse comportamento é importante e deve ser levado em conta no momento da implantação do florestamento, prevendo uso mínimo de corretivos em solos muito ácidos para algumas espécies (Furtini Neto et al., 2000), sendo um detalhe importante do ponto de vista de sobrevivência das mudas no campo.

CONCLUSÕES

As plantas de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* respondem à adubação fosfatada, porém todas as fontes de fósforo são semelhantes entre si, provocando aumento no teor de P acumulado na parte aérea aos 110 dias de crescimento.

As plantas respondem pouco à calagem, mas o seu uso concomitante com fosfato solúvel ou fosfato natural Bayovar aumenta o teor de fósforo no tecido das plantas de eucalipto no período analisado.

Entre os fosfatos naturais o Bayovar mostrou a melhor eficiência em solo que recebeu calagem.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS *et al.* Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 737 – 768.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; Leal, P.G.L. Fertilizing eucalypt plantations on the Brazilian savannah soils. *South African Forestry Journal*, v.160, p.7-12. 1992.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamento com espécies florestais nativas. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.) Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 351 - 383.

GOEDERT, W.J. & SOUSA, D.M.G., Uso de Fertilizantes Fosfatados. In: ESPINOZA, W.; OLIVEIRA, A.J. de. (ed.) Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira. Brasília, DF, 06-10 agosto 1984. EMBRAPA-DID, Brasília, p.255-290. (Documentos, 14), 1984.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 665 - 682.

KAMINSKI, J. Efeito de cinco fosfatos pré-, co - e pós-aplicados ao Calcário no Suprimento de Fósforo ao Sorgo em três Solos Ácidos. ESALQ/USP. Piracicaba, 126p. (Tese Doutorado), 1983.

KAMINSKI J, PERUZZO G., Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Fonte: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria - RS, 1997 - Boletim Técnico No.3, 31pg.

MOEDA, S.; BOGNOLA, I. A.; Efeito da calagem, do fosfato natural de Gafsa e superfosfato triplo no crescimento inicial e na absorção de fósforo em *Eucalyptus dunnii*. Pesquisa Florestal Brasileira. Brazilian Journal of Forestry Research. Colombo, PR. v. 31, n. 68, p. 355-361, out/dez. 2011.

MURPHY, J. RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, Oxford, v 27, p. 31-36, 1962.

NOVAIS, R.F.; RÊGO, A.K.; GOMES, J.M. Níveis críticos de fósforo para eucalipto. *Revista Árvore*, v.6, n.1., p.29-37, 1982.

SAS Institute Inc® 2003 SAS Ver. 9.1 . 3 SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. Lic. UDESC.

TEDESCO, M. J; GIANELLO, C; BISSANI, C. A; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

Tabela 1 – Fósforo acumulado no tecido de folhas (F), caule e ramos (CR), raízes (R), parte aérea (PA) e total (T) em mudas de *E. benthamii* e *E. dunnii* após 110 dias de cultivo em função dos tratamentos e dos níveis de calagem.

FATOR	<i>E. benthamii</i>					<i>E. dunnii</i>				
	F	CR	R	PA	T	F	CR	R	PA	T
Tratamentos (1)	(mg vaso ⁻¹)					(mg vaso ⁻¹)				
Bayovar	16,4a	12,9ba	7,1	29,3a	36,4b	33,6ba	13,9a	7,2	47,5a	54,7ba
Gafsa	18,2a	11,77b	10,4	29,9a	40,4ba	27,4cb	10,6a	5,4	38,0b	43,4c
Djebel	16,7a	13,2ba	9,3	29,9a	39,3ba	26,0c	10,5a	7,5	36,5b	44,0cb
SFT	19,9a	16,9a	11,5	36,7a	48,3a	34,9a	13,2a	10,9	48,2a	59,0a
Testemunha	10,7b	7,3c	6,0	18,0b	24,9c	18,7d	5,2b	5,8	24,0c	29,8d
Valor F	8,3**	10,6**	2,7 ^{ns}	10,8**	10,7**	15,7**	12,4**	2,5 ^{ns}	21,9**	17,3**
Calagem (2)										
Sem	14,5b	12,2	9,4	26,7b	36,1	26,8	11,4	8,5	38,2	46,8
Com	18,2a	12,6	8,3	30,9a	39,2	29,4	10,0	6,2	39,4	45,6
Valor F	11,8**	0,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	5,1*	1,6 ^{ns}	3,1 ^{ns}	2,5 ^{ns}	3,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}
Interação	1,7 ^{ns}	2,1 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,6 ^{ns}	3,8*	1,8 ^{ns}	4,2*	2,4 ^{ns}
CV (%)	20,87	24,01	44,9	20,2	20,8	16,5	25,6	52,68	15,3	16,7

Dentro de cada fator, médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Inexistência de letras significa ausência de diferenças estatísticas.

* = significativo a 5% de probabilidade de erro pelo Teste F.

** = significativo a 1% de probabilidade de erro pelo Teste F.

^{ns} = não significativo para os níveis testados.

Bayovar, Gafsa, Djebel = fosfatos naturais reativos.

SFT = superfosfato triplo.

Testemunha = sem adição de P.

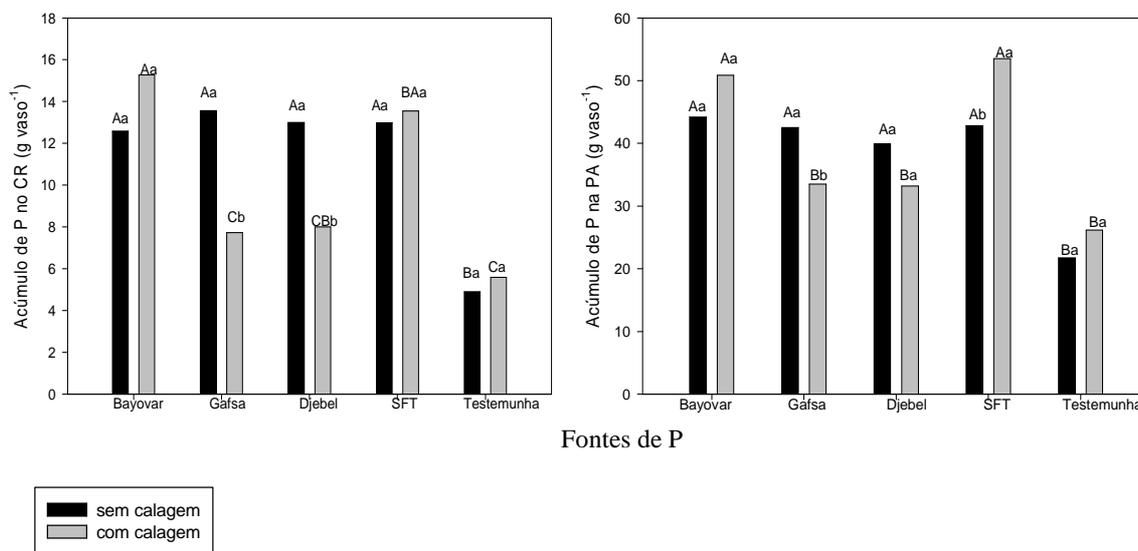


Figura 1 – Interação dos tratamentos com os níveis de calagem para P acumulado em caule e ramos (CR) e parte aérea (PA) de mudas de *E. dunnii* após 110 dias de cultivo.

Médias das fontes de P seguidas de letras maiúsculas ou minúsculas distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Letras maiúsculas comparam os tratamentos nos níveis de calagem (sem e com calagem).

Letras minúsculas comparam os níveis de calagem dentro de cada tratamento.