

EFEITO DE FONTES DE FÓSFORO SOBRE O CRESCIMENTO DE EUCALIPTO EM SOLO DE CERRADO^{1/}

José Mário Braga ^{2/}
Danilo Rocha ^{3/}
José T. Lima Thiébaud ^{4/}
Maria José B. Neves ^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Inúmeras têm sido as pesquisas sobre adubação de mudas de eucalipto em viveiro. Esse volume de trabalhos está relacionado com a necessidade de produzir mudas vigorosas em menor espaço de tempo. As conclusões dessas pesquisas recomendam fórmulas de adubação (1, 4, 5, 8, 9, 10) e, para alguns elementos, notadamente o fósforo, uso de diferentes fontes do elemento (2, 3).

Infelizmente, isso não ocorre com a adubação de mudas por ocasião de seu plantio no campo. Nesse sentido, os resultados são ainda muito recentes. Os poucos dados disponíveis foram obtidos por MELLO (6) e MELLO *et alii* (7). As recomendações de adubação para o plantio de mudas de eucalipto em local definitivo são baseadas nesses resultados ou em observações locais.

Como conclusão comum a esses trabalhos, verifica-se que, na ausência de fósforo, há redução acentuada no crescimento do eucalipto, o que confirma os resultados dos trabalhos realizados pela Sociedade de Investigação Florestal (SIF) (11).

^{1/} Trabalho de pesquisa parcialmente financiado pela Florestal Acesita S.A.

Recebido para publicação em 15-10-1981.

^{2/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Florestal Acesita. 39670 Itamarandiba, MG.

^{4/} Departamento de Matemática da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

Os autores agradecem as sugestões dos Professores Nairam F. de Barros e Roberto F. de Novais.

O fósforo apresentou resposta consistentemente superior às do nitrogênio e potássio nos ensaios de fertilização de eucalipto realizados no Estado de Minas Gerais.

Quanto aos estudos com fontes dos elementos, assim como com o efeito residual dessas fontes no cultivo de eucalipto no campo, os dados são praticamente nulos, e os únicos trabalhos publicados referem-se a estudos preliminares (9), não apresentando, como era de esperar, conclusões definitivas.

Este ensaio, realizado na região de Itamarandiba, em solos sob vegetação de cerrado, teve como objetivo obter dados sobre o efeito residual de fontes de fósforo no desenvolvimento do eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi efetuado em duas fases, na região de Itamarandiba, MG, em terras da Florestal Acesita S.A., em Latossolo Vermelho-Amarelo álico, com horizonte A moderado, textura muito argilosa, vegetação fase cerrado arbóreo-arbustivo e relevo suave ondulado. A análise química deu os seguintes resultados: pH = 4,7; $Al^{+++} = 0,05$ eq.mg/100 g; Ca = 0,1 eq.mg/100 g e Mg = 0,1 eq.mg/100 g; P = 1 ppm; K = 16 ppm, fornecidos pelo Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da U.F.V.

A primeira fase consistiu na obtenção das mudas que seriam usadas no plantio definitivo. A espécie utilizada foi o *E. saligna* (L.) (procedência de Itatinga — SP), adubado na base de 0,25 g de N, na forma de sulfato de amônio, e 0,15 g de K_2O , na forma de cloreto de potássio, por 400 g de substrato, formado por solo de barranco. A adubação foi feita com seis fontes de fósforo, uma delas industrializada (superfosfato triplo, 45% de P_2O_5) e cinco fontes naturais: fosfato de Araxá (25,9% de P_2O_5), fosfato de Patos (22,4% de P_2O_5), fosfato de Tapira (35,2% de P_2O_5), fosfato de Catalão (25,8% de P_2O_5) e tufo de Patos (4% de P_2O_5).

Do fosfato industrializado foram usados 0 – 2 e 4 gramas do material por recipiente, ao passo que dos fosfatos naturais foram usados 0 – 2,5 e 5,0 gramas do material fosfatado por recipiente.

Noventa dias depois da semeadura, que foi feita em cada recipiente, desbastando-se para uma muda por recipiente, as mudas foram selecionadas e levadas para plantio definitivo no campo. As covas foram abertas no espaçamento de 3 x 2 m, colocando-se em cada uma 16 g de N, na forma de sulfato de amônio, e 16 g de K_2O , na forma de cloreto de potássio.

A parcela experimental, eliminada a bordadura, foi formada por quatro plantas (1 planta/cova), que receberam fósforo da mesma fonte usada no viveiro e no campo. Para cada fonte foi usado um esquema fatorial (3 x 3, três níveis de fosfato no viveiro e três no campo). As quantidades aplicadas de cada fosfato foram 0,250 e 500 g do material fosfatado por cova. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições.

O ensaio teve a duração de 46 meses e os parâmetros avaliadores do efeito das doses e das fontes de fósforo (altura da árvore, circunferência à altura do peito e volume da árvore) foram determinados 25, 35 e 46 meses depois do plantio. A altura foi medida também 15 meses depois do plantio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de fosfato, assim como os fosfatos usados neste trabalho, causaram efeito sobre a altura, sobre a circunferência à altura do peito (CAP) e sobre o volume das árvores.

As quantidades de fosfato tiveram efeito apenas quando aplicadas nas covas de plantio (Quadros 1 e 2). O efeito só se verificou com a adição da primeira dose, uma vez que o acréscimo resultante da aplicação da segunda dose não foi significativo: os máximos de cada um dos parâmetros foram atingidos com a aplicação da primeira dose.

QUADRO 1 - Efeito de dose de material fosfatado aplicado na cova de plantio sobre altura, circunferência à altura do peito e volume, 15, 25, 35 e 46 meses depois do plantio

Parâmetros	Época de medição	Dose de fosfato aplicada no campo		
		0	g/cova 250	500
Altura (m)	15 meses	2,3 b	2,9 a	3,0 a
	25 meses	4,7 b	5,5 a	5,6 a
	35 meses	6,0 b	6,9 a	7,0 a
	46 meses	7,6 b	8,3 a	8,5 a
CAP (cm)	25 meses	14,0 b	17,3 a	17,6 a
	35 meses	18,3 b	22,5 a	23,0 a
	46 meses	21,2 b	26,2 a	26,4 a
Volume (m ³ /ha) ⁽¹⁾	25 meses	6,0 b	10,3 a	11,5 a
	35 meses	11,0 b	22,2 b	23,7 a
	46 meses	21,3 b	35,5 a	38,4 a

As médias, na mesma linha, seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

(1) Fator de forma = 0,454.

O efeito sobre a altura do eucalipto foi constante com o passar do tempo, com um acréscimo de 0,75 m em cada período. Embora a percentagem de crescimento em altura, em relação à dose zero, tenha diminuído com o passar do tempo (27% aos 15 meses e 9% aos 46 meses), a percentagem de aumento da CAP e do volume permaneceu constante, o que sugere ter havido efeito da quantidade aplicada na época do plantio sobre esses parâmetros.

O efeito da interação de dose e fonte de fosfato foi observado aos 15 meses para altura e CAP e aos 25 e 35 meses para volume (Quadro 3). Em todas as situações, as fontes aplicadas na adubação de viveiro (com ausência de adubação no plantio) provocaram efeitos diferentes na altura, na CAP e no volume de eucalipto, efeito que foi maior quando se usou fosfato de Araxá no viveiro. Uma das causas dessa ocorrência foi o maior valor do efeito do fósforo absorvido sobre altura, CAP e volume. Considerando o superfosfato triplo com 45% de P₂O₅ e a primeira dose aplicada, a taxa de conversão dessa fonte seria de 0,009 cm/g de P₂O₅. Com base nesse valor e no crescimento do eucalipto com a aplicação de outras fontes, o fosfato de Araxá teria liberado 27,8 g de P₂O₅; o fosfato de Patos, 90,0 g;

QUADRO 2 - Efeito de fontes de fósforo sobre altura, circunferência à altura do peito e volume, em diferentes idades

Parâmetros	Fosfatos	Idade das árvores			
		15	25	35	46
		meses	meses	meses	meses
Altura (m)	Araxá	2,9 ab	6,1 a	7,0 a	8,5 a
	Patos	2,6 c	5,2 b	6,4 a	7,8 a
	Catalão	2,6 c	5,2 b	6,5 a	8,1 a
	Tapira	3,8 bc	5,2 b	7,1 a	8,0 a
	Tufito	2,6 c	5,1 b	7,4 a	8,1 a
	S. Triplo	2,9 a	5,6 b	6,8 a	8,4 a
CAP (cm)	Araxá	-	15,9 a	22,0 a	25,6 a
	Patos	-	15,6 b	20,7 a	23,3 a
	Catalão	-	15,6 b	18,2 a	24,0 a
	Tapira	-	16,3 b	21,0 a	23,7 a
	Tufito	-	15,5 b	21,0 a	24,1 a
	S. Triplo	-	15,5 b	21,0 a	24,1 a
Volume (m ³ /ha) ⁽¹⁾	Araxá	-	10,8 ab	22,1 ab	35,5 ab
	Patos	-	8,0 c	17,4 c	23,1 bc
	Catalão	-	8,0 c	17,4 c	30,6 bc
	Tapira	-	8,6 bc	18,4 bc	28,8 c
	Tufito	-	8,1 c	18,4 bc	30,3 c
	S. Triplo	-	12,6 a	23,7 a	38,6 a

As médias, na mesma coluna, seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

(1) Fator de forma = 0,454.

o fosfato de Catalão, 73,3 g; o fosfato de Tapira, 65,6 g; e o tufito de Patos, 0,0 g de P_2O_5 . Entretanto, essa comparação não é válida, porquanto as fontes mais beneficiadas seriam as que tivessem menor efeito da quantidade aplicada no viveiro. Pode-se argumentar que houve maior liberação de fósforo no fosfato de Araxá que nas demais fontes, em média, 0,030 g de P_2O_5 /mês/g de material adicionado. As demais fontes variaram de 0,020 g de P_2O_5 /mês/g de material (fosfato de Patos) até 0,024 g de P_2O_5 /mês/g de material. Esse cálculo permite compreender a diferença de efeitos da fonte na cultura do eucalipto. No caso de disponibilidade real de P_2O_5 , comparativamente ao superfosfato triplo, há indicação de que o fosfato de Patos foi superior aos demais. Entretanto, o efeito mais duradouro da adubação foi o do fosfato de Araxá. Acrescem ainda as características que esse maior efeito provoca, como era de esperar: maior altura, maior CAP e mais volume de madeira.

Observou-se diferença de efeitos de fonte de fósforo na primeira e na segunda medição para altura, na primeira medição para CAP e em todas as três medições para volume. Para a altura, a significância dos valores obtidos pela aplicação do superfosfato triplo diferiu da obtida para os demais parâmetros. Com os dados de altura de eucalipto aos 15 meses é possível estimar a equivalência das fontes, em

QUADRO 3 - Efeito da interação de dose e fonte de fósforo aplicado na cova do plantio sobre altura, circunferência à altura do peito e volume de eucalipto, em diferentes idades

Parâmetros	Idade das árvores	Fontes	Dose de fosfato aplicado no campo		
			0	g/cova 250	500
Altura (m)	15 meses	Araxá	2,73 aA	2,98 abA	3,03 abA
		Patos	2,19 aB	3,00 abA	2,79 abA
		Catalão	2,24 aB	2,90 abA	2,64 bAB
		Tapira	2,28 aB	2,87 abA	3,12 abA
		Tufito	2,40 aB	2,40 bB	2,93 abA
		S. Triplo	2,21 aB	3,26 aA	3,46 aA
CAP (cm)	15 meses	Araxá	16,14 aA	17,49 abA	17,02 bA
		Patos	13,12 aC	17,23 abA	16,36 bB
		Catalão	13,72 aB	17,19 abA	16,04 bAB
		Tapira	14,85 aA	17,30 abA	16,66 bA
		Tufito	13,52 aB	14,97 bB	18,00 bA
		S. Triplo	12,81 aB	19,43 aA	21,73 aA
Volume (m ³ /ha) ⁽¹⁾	25 meses	Araxá	9,41 aA	11,03 aA	11,89 aA
		Patos	4,88 aB	10,18 aB	8,93 aAB
		Catalão	5,57 aB	10,37 aA	8,12 aAB
		Tapira	5,50 aB	10,21 aA	10,11 aA
		Tufito	5,61 aB	6,54 aB	13,18 aA
		S. Triplo	4,91 aB	13,52 aA	17,86 aA
	35 meses	Araxá	18,29 aB	22,34 aA	25,56 aA
		Patos	9,60 aA	21,66 aA	20,94 aA
		Catalão	11,83 aB	21,52 aA	18,92 aAB
		Tapira	12,11 aB	22,21 aA	20,83 aAB
		Tufito	14,77 aB	15,93 aAB	24,51 aA
		S. Triplo	10,03 aB	29,52 aA	31,60 aA

(1) Fator de forma = 0,454.

As médias, na mesma coluna, seguidas da mesma letra minúscula e, na mesma linha, seguidas da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

relação ao superfosfato triplo. Considerando os acréscimos na altura resultantes do efeito do fósforo do fosfato de Araxá, pode-se estimar a quantidade disponível do material fosfatado resultante da adubação no viveiro, ou seja, 0,056 g de P₂O₅, e da adubação de campo, 0,0305 g de P₂O₅. Considerando o fosfato de Patos, os dados se invertem, isto é, o efeito da adubação no viveiro foi mínimo, mas o efeito no campo foi significativo e igual ao efeito do fosfato de Araxá, resultante da adubação feita na cova de plantio. Esses dados confirmam os já comentados por ocasião da interação de dose de P₂O₅ e fonte de fósforo. Aos 25 meses, os dados de altura favorecem ainda mais o raciocínio anterior, porquanto, na comparação das médias, o efeito do fosfato de Araxá foi mais pronunciado que os dos demais.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de comparar os efeitos das fontes de fósforo sobre altura, circunferência à altura do peito e volume de eucalipto (*E. saligna*), foi feito este ensaio, em duas fases, em Latossolo Vermelho-Amarelo álico, em terras da Florestal Acesita S.A., na região de Itamarandiba-MG.

Na primeira fase as mudas de eucalipto foram produzidas em recipiente com capacidade de 400 g e adubadas com 0,25 g de N, como sulfato de amônio, e 0,15 g de K_2O , como cloreto de potássio. Para a adubação fosfatada foram usadas seis fontes de fósforo (superfosfato triplo, fosfato de Araxá, fosfato de Patos, fosfato de Catalão, fosfato de Tapira e tufito de Patos), nas doses de 0, 2 e 4 g do superfosfato triplo e 0, 2,5 e 5,0 g das demais fontes.

Na segunda fase as mudas foram plantadas em local definitivo e as covas foram adubadas com as mesmas fontes, 0, 250 e 500 g por cova do material fosfatado, 16 g de N, como sulfato de amônio, e 16 g de K_2O , como cloreto de potássio.

Quinze meses depois do plantio no campo foi medida a altura das árvores; aos 25, 35 e 46 meses mediram-se, além da altura, a circunferência à altura do peito (CAP) e o volume da árvore.

As conclusões do trabalho são as seguintes:

1. A aplicação de adubação fosfatada no plantio é importante para aumentar a altura, a CAP e o volume.

2. O efeito das fontes de fósforo sobre a altura do eucalipto diminui com o passar do tempo, não havendo diferença significativa entre elas após 25 meses. O contrário foi verificado com a CAP e com o volume.

3. A adubação de viveiro causou efeito sobre altura, CAP e volume das árvores no campo, efeito que foi maior quando se usou o fosfato de Araxá.

4. O efeito das doses de fosfato aplicadas no plantio variou, conforme a fonte. O fosfato de Araxá sobressaiu sobre as demais fontes. Entretanto, o efeito da dose de 250 g/cova não foi estatisticamente diferente do efeito da dose de 500 g/cova.

5. Tomando a disponibilidade de fósforo do superfosfato triplo como padrão, a disponibilidade da fonte aplicada no viveiro foi maior com o uso do fosfato de Araxá e do fosfato de Patos, quando aplicados no campo.

5. SUMMARY

The effects of phosphorus from six sources (triple superphosphate, Araxá, Patos, Catalão and Tapira rock phosphate and Patos tufito) were evaluated as they influenced height, breast height circumference and volume of eucalyptus trees.

The conclusions were:

1. Phosphate fertilization resulted in an increase in each of the three characters measured;

2. The effects of phosphorus decreased with tree age, without significant differences among sources;

3. The nursery fertilization effects were greatest when Araxá rock phosphate was used;

4. The effects of rate of application of phosphate varied with source. These were greatest with Araxá phosphate rock. However, the effects of 250 g/cova and 500 g/cova were similar; and,

5. Considering phosphorus availability of the superphosphate as a standard, the availability of Araxá rock phosphate was greatest in the nursery, and Patos rock phosphate in the field.

6. LITERATURA CITADA

1. BARROS, N.F. de, BRANDI, R.M., COUTO, L. & FONSECA, S.M. Aplicação de fertilizantes minerais na formação de mudas de *Eucalyptus grandis* Maiden ex Hook, através da água de irrigação. *Rev. Árvore*, 1(1):17-25, 1977.
2. BRAGA, J.M., COUTO, L., NEVES, M.J.B. & BRANDI, R.M. Comportamento de mudas de *Eucalyptus* spp. em viveiro, em relação a N, P, K e diferentes fontes de fósforo. *Rev. Árvore*, 1(2):135-148. 1977.
3. BRAGA, J.M. & ROCHA, D. *Estudo de adubos fosfatados na cultura de eucalipto em solos de cerrado de Minas Gerais*. Viçosa, SIF, 1979. 14 p. (Bol. Técn. 2).
4. BRASIL, U.M. & SIMÕES, J.W. Determinação da dosagem de fertilizantes minerais para a formação de mudas de eucalipto. *IPEF*, 6:78-85. 1973.
5. GUIMARÃES, R.F., GOMES, F.P. & MALAVOLTA, E. *Adubação em «torrão paulista» de Eucalyptus saligna Sm.* Companhia Paulista de Estradas de Ferro, Serviço Florestal, 1959. 12 p. (Boletim 12).
6. MELLO, H.A. *Aspectos do emprego de fertilizantes minerais no reflorestamento de cerrado do Estado de São Paulo com Eucalyptus saligna Sm.* Piracicaba, ESALQ, 1968. 176 p. (Tese de Doutor.)
7. MELLO, H.A., MASCARENHAS, J., SIMÕES, J.W. & COUTO, J.T.Z. Resultados da aplicação de fertilizantes minerais na produção de madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. em solos de cerrado do Estado de São Paulo. *IPEF*, 1:7-28. 1970.
8. PIRES, C.L.S. Ensaio de adubação em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, acondicionadas em torrões paulistas. *Silvicultura em São Paulo*, 1(2):107-115. 1963.
9. SIMÕES, J.W., SPELTS, R.M., SPELTS, G.E. & MELLO, H.A. Adubação mineral na formação de mudas de eucalipto. *IPEF*, 2(3):35-49.
10. SIMÕES, J.W., LEITE, N.B., TANAKA, O.K. & ODA, S. Fertilização parcelada na produção de mudas de eucalipto. *IPEF*, 8:99-109. 1974.
11. SOCIEDADE DE INVESTIGAÇÃO FLORESTAL (SIF). *Relatório preliminar dos resultados de experimentos de adubação mineral em plantio de eucalipto em Minas Gerais*. Viçosa. 1980. s.n.p.