

Nutrição e Adubação Fosfatada em *Eucalyptus*

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
RR Agroflorestal S/C Ltda

José Luiz Gava
Suzano Bahia Sul Celulose

Aspectos gerais

Diagnose visual

Diagnose Foliar

Resposta à aplicação

Considerações finais



Introdução

- **Papel, celulose, carvão vegetal, madeira serrada, chapas, aglomerados, resina e óleos essenciais**
- **2 milhões de empregos diretos e indiretos**
- **4,5% PIB - US\$ 28 bilhões**
- **Celulose e Papel: previsão 2003 - 37 milhões de toneladas**
- **Maior produtor mundial de celulose de eucalipto**
- **4.800.000 ha**

1.800.000 Pinus (38%)
2.960.000 Eucalipto (62%)

- Manejo da adubação x clonagem - aumentos de produtividade
- 10-15 m³/ha/ano (1970-1980) para 40-45 m³/ha/ano
- (1970-1980)
Somente adubação de plantio
- 1990-1998
Adubação de plantio + 1 adubação de cobertura
- Após 1998
Calagem + Adubação de plantio + 2 a 4 adubações de coberturas
- Novas áreas na região do sul da Bahia e norte de Minas
- Solos Pobres - Deficiência de P, K e B.

Área reflorestada com espécies de eucalipto em alguns Estados do Brasil até 1999.

Estado	Área (ha)	%
Amapá	12.500	0,4
Bahia	213.400	7,2
Espírito Santo	152.330	5,1
Mato Grosso do Sul	80.000	2,7
Minas Gerais	1.535.290	51,7
Pará	45.700	1,5
Paraná	67.000	2,2
Santa Catarina	41.550	1,4
São Paulo	574.150	19,3
Rio Grande do Sul	115.900	3,9
Outros	128.060	14,5
Total	2.965.880	100

Fonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

Sintomas de deficiência de fósforo

- **Alta mobilidade**
- **Sintomas mais intensos nas folhas velhas**
- **Confundido com ataque de fungos**

A**B****C**

Sintomas de deficiência de fósforo. A. Clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*. B. *E. citriodora*. C. Progressão dos sintomas em clone híbrido de *Eucalyptus*.



Sintomas de deficiência de fósforo.

A. Plantas normais comparadas com deficientes.

B. Brotações normais comparadas com deficientes.

C. Condição severa em clone de *E. grandis* x *E. urophylla*.



Sintomas de manchas foliares em eucalipto similar aos sintomas de deficiência de fósforo. A. *Cylindrocladium* spp. (Furtado et al., 2003); B. *Mycosphaerella* em *Eucalyptus globulus*.

Solos extremamente pobres em P

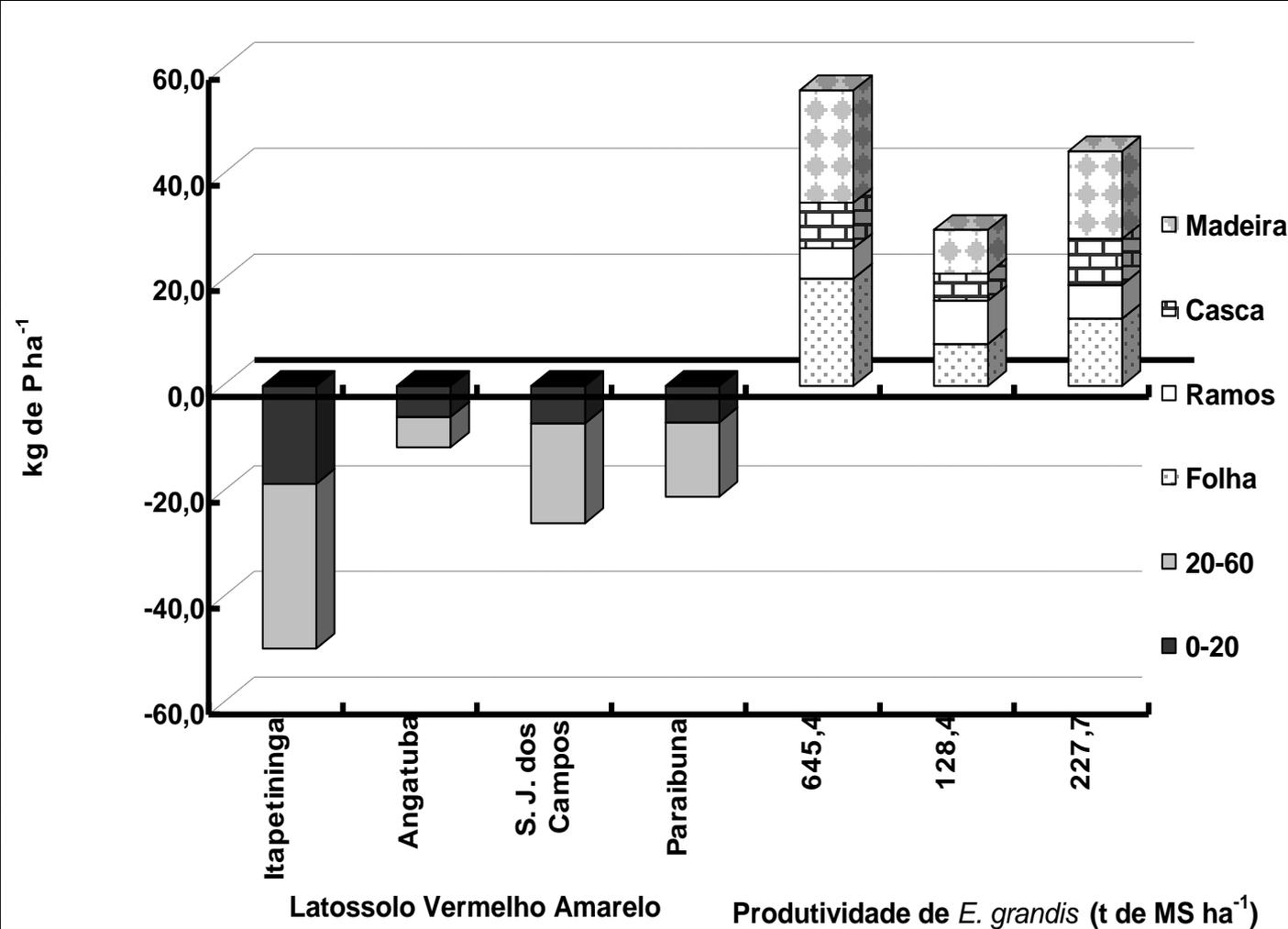
Local	Fonte	pH	MO	P- resina		K	Ca	Mg	CTC	V	P
				CaCl ₂	g dm ⁻³						
Neossolo Quartzarênico											
Itatinga/SP	1	3,7	12	9	0,5	3	1,5	37	13	18	
Lençóis Paulista/SP	1	3,8	14	4	0,4	4	1,0	34	15	8	
Bofete/SP	1	3,6	17	3	0,2	2	1,0	45	7	6	
Luiz Antônio/SP	2	4,0	21	5	0,3	4	2,0	54	11	10	
Latossolo Vermelho Escuro álico											
Lençóis Paulista/SP	1	3,9	21	4	0,4	1	1,0	-	-	8	
Guatapará/SP	2	4,1	24	10	0,6	7	3,0	72	15	20	
São Miguel Arcanjo/SP	4	4,0	47	3	0,6	2	3,0	141	4	6	
Latossolo Roxo álico											
Capão Bonito/SP	1	3,8	38	4	0,3	2	1,0	101	3	8	
Latossolo Vermelho Amarelo álico											
Itatinga/SP	1	3,4	19	5	0,6	3	2,0	70	9	10	
Prata/SP	3	3,6	17	4	0,3	1	1,0	35	6	8	
Angatuba/SP	4	3,9	10	2	0,2	1	1,0	62	4	4	
Itapetininga/SP	4	3,7	19	7	0,1	1	1,0	54	4	14	
Paraibuna/SP	4	3,7	33	3	0,6	1	1,0	97	3	6	
Argissolo Amarelo											
Sul da Bahia	5	4,3	15	3	0,7	12	2,0	44	33	6	
Espodossolo											
Sul da Bahia	5	4,2	11	3	0,4	2	1,8	31	14	9	
Média		3,85	21	4,6	0,41	3,0	1,6	63	10	9,8	

Produtividade de florestas de *Eucalyptus* e o conteúdo de fósforo.

Espécie	Idade (anos)	Local	P na planta						Total	Produtividade	
			Copa			Caule				MS t ha ⁻¹	Volume m ³ ha ⁻¹
			Folhas	Ramos	F+R	Casca	Madeira	C + M			
			-----kg ha ⁻¹ -----								
<i>E. grandis</i> (Atherton)	8	Viçosa/MG	20,3 (37)	5,7 (10)	26,0 (47)	8,6 (15)	21,3 (38)	29,9 (53)	55,9	448,3	-
	8	Paraopeba/MG	7,9 (27)	8,2 (28)	16,1 (55)	5,1 (17)	8,3 (28)	13,4 (45)	29,6	128,4	-
<i>E. grandis</i> (Belthorpe)	8	Viçosa/MG	21,9 (30)	7,6 (10)	29,5 (40)	15,5 (21)	29,2 (39)	44,7 (60)	74,2	645,4	-
	8	Paraopeba/MG	11,1 (20)	17,4 (32)	28,5 (52)	11,6 (21)	14,3 (27)	25,9 (48)	54,4	236,2	-
<i>E. grandis</i>	6	Mogi Guaçu/SP	4,4 (14)	2,3 (8)	6,7 (22)	-	-	23,8 (78)	30,2	245,0	249
<i>E. grandis</i>	6,5	Estado de São Paulo***	-	-	8,8 (32)	6,9 (25)	12,1 (43)	19,0 (68)	27,8	145,5	351
<i>E. globulus</i>	4	Butia/RS	8,1 (45)	2,0 (11)	10,1 (56)	2,7 (15)	5,2 (29)	7,9 (44)	18,0	83,3	-
<i>E. grandis</i>	6	Bom Despacho/MG	5,6 (23)	3,8 (16)	9,4 (39)	8,3 (34)	6,6 (27)	14,9 (61)	24,3	85,3	
<i>E. saligna</i>	9	Curvelo/MG	15,2 (27)	5,3 (9)	20,5 (36)	12,9 (23)	22,9 (41)	35,8 (64)	56,3	177,4	289
<i>E. saligna</i>	6,5	Estado de São Paulo***	-	-	8,5 (32)	7,8 (29)	10,2 (38)	18,0 (68)	26,5	132,6	286
<i>E. citriodora</i>	9	Curvelo/MG	20,1 (29)	5,1 (8)	25,2 (37)	7,2 (10)	36,3 (53)	43,5 (63)	68,7	177,3	195
Média	7,2		12,7 (29)	6,4 (14)	19,1 (43)	8,7 (20)	16,6 (37)	25,3 (57)	44,4	227,7	274

25 kg de P ha⁻¹ = 58 kg de P₂O₅ ha⁻¹ = 322 kg de superfosfato simples ha⁻¹

N, K e Ca extraído = 300 a 500 kg ha⁻¹



Balanco de fósforo em florestas de *Eucalyptus grandis* com 8 anos de idade:

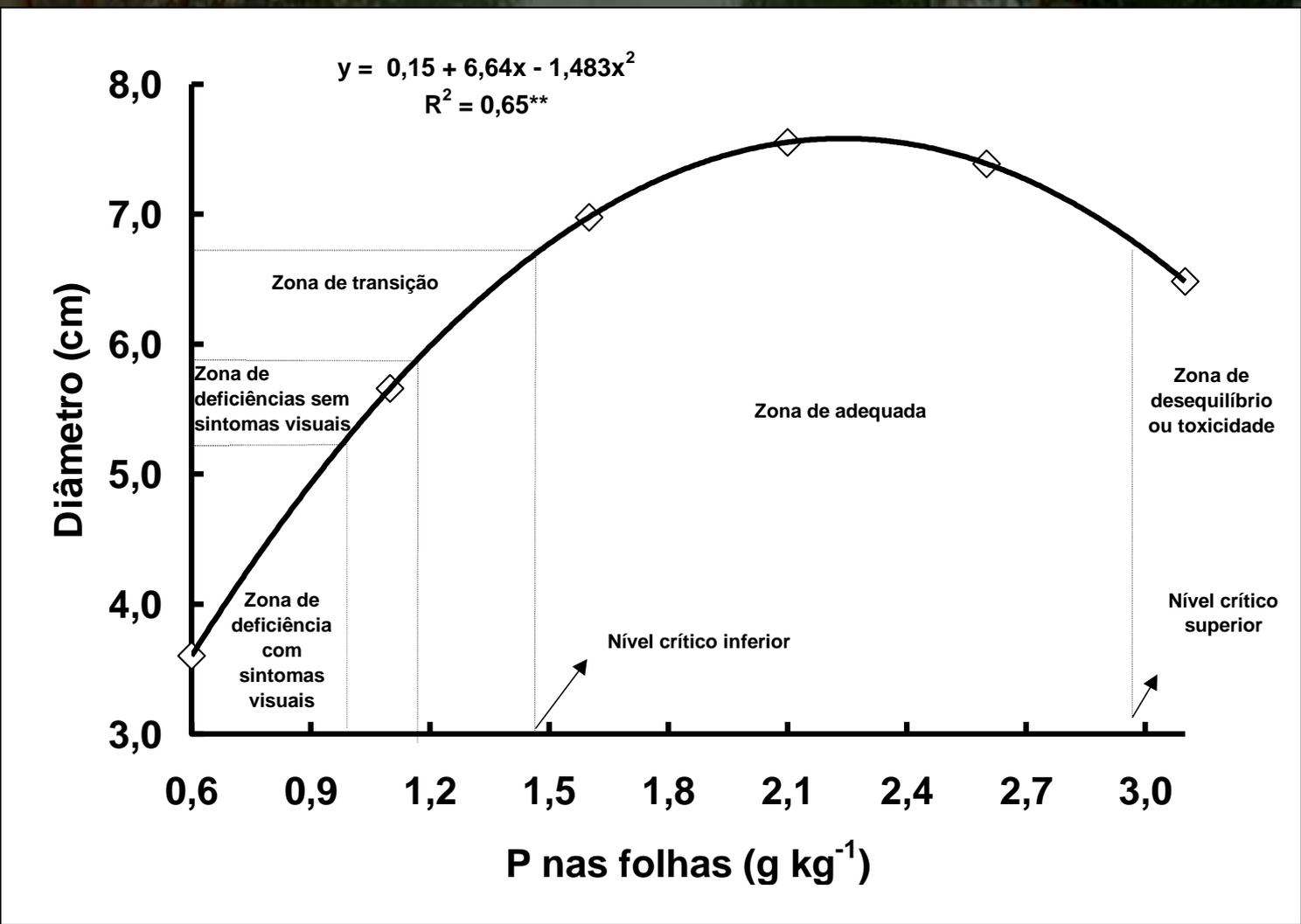
Fontes: modificado de Moraes et al. (1990) e Santana et al. (1999).

- Quantidade fornecida pelo solo é insuficiente para atender a demanda de eucalipto

Diagnose Foliar

Faixa deficiente e adequada das concentrações de fósforo nas folhas recém maduras de espécies de *Eucalyptus* no estágio juvenil e adulto.

Espécie	Faixa		Autor
	Deficiente	Adequada	
g kg ⁻¹			
-----Estádio juvenil-----			
<i>E. camaldulensis</i>	< 0,8	1,0-1,4	Boardman et al. (1997)
<i>E. globulus</i>	< 1,0	1,4-2,6	Boardman et al. (1997)
<i>E. globulus</i>	< 0,9	1,4-3,0	Judd et al. (1996)
<i>E. globulus</i>	< 0,6	1,5-3,8	Dell et al. (1995)
<i>E. grandis</i>	< 0,8	1,5-2,2	Dell et al. (1995)
<i>E. pellita</i>	< 0,4	1,3-3,0	Dell et al. (1995)
<i>Eucalyptus</i> spp	< 0,8	1,0-1,2	Malavolta (1987)
<i>E. grandis</i>	< 0,7	1,0-3,0	Boardman et al. (1997)
<i>E. nitens</i>	< 1,0	1,0-2,0	Boardman et al. (1997)
<i>E. urophylla</i>	< 0,4	1,9-4,0	Dell et al. (1995)
<i>E. urophylla</i>	< 0,9	1,0-3,0	Boardman et al. (1997)
Variação	0,4-1,0	1,0-4,0	
-----Estádio adulto-----			
<i>E. camaldulensis</i>	< 0,7	1,8-2,2	Boardman et al. (1997)
<i>E. globulus</i>	< 0,9	1,1-1,8	Boardman et al. (1997)
<i>E. globulus</i>	< 0,9	1,3-2,7	Dell et al. (1995)
<i>E. grandis</i>	-	1,0-2,2	Dell et al. (1995)
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	< 1,0	1,5-2,6	Dell et al. (1995)
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	< 1,0	1,2-1,7	Silveira et al. (2001)
<i>E. grandis</i>	< 1,1	1,7-2,2	Silveira et al. (1998 e 1999)
<i>E. saligna</i>	< 0,7	0,8-2,0	Boardman et al. (1997)
<i>E. tereticornis</i>	< 1,0	1,7-2,5	Boardman et al. (1997)
<i>E. urophylla</i>	< 0,9	1,0-3,1	Dell et al. (1995)
Variação	0,7-1,1	0,8-3,1	



Relação entre o diâmetro de *Eucalyptus globulus* aos 26 meses de idade e o teor de fósforo nas folhas coletadas aos 12 meses de idade.

Fonte: adaptado de Judd et al. (1996).

Monitoramentos Nutricionais

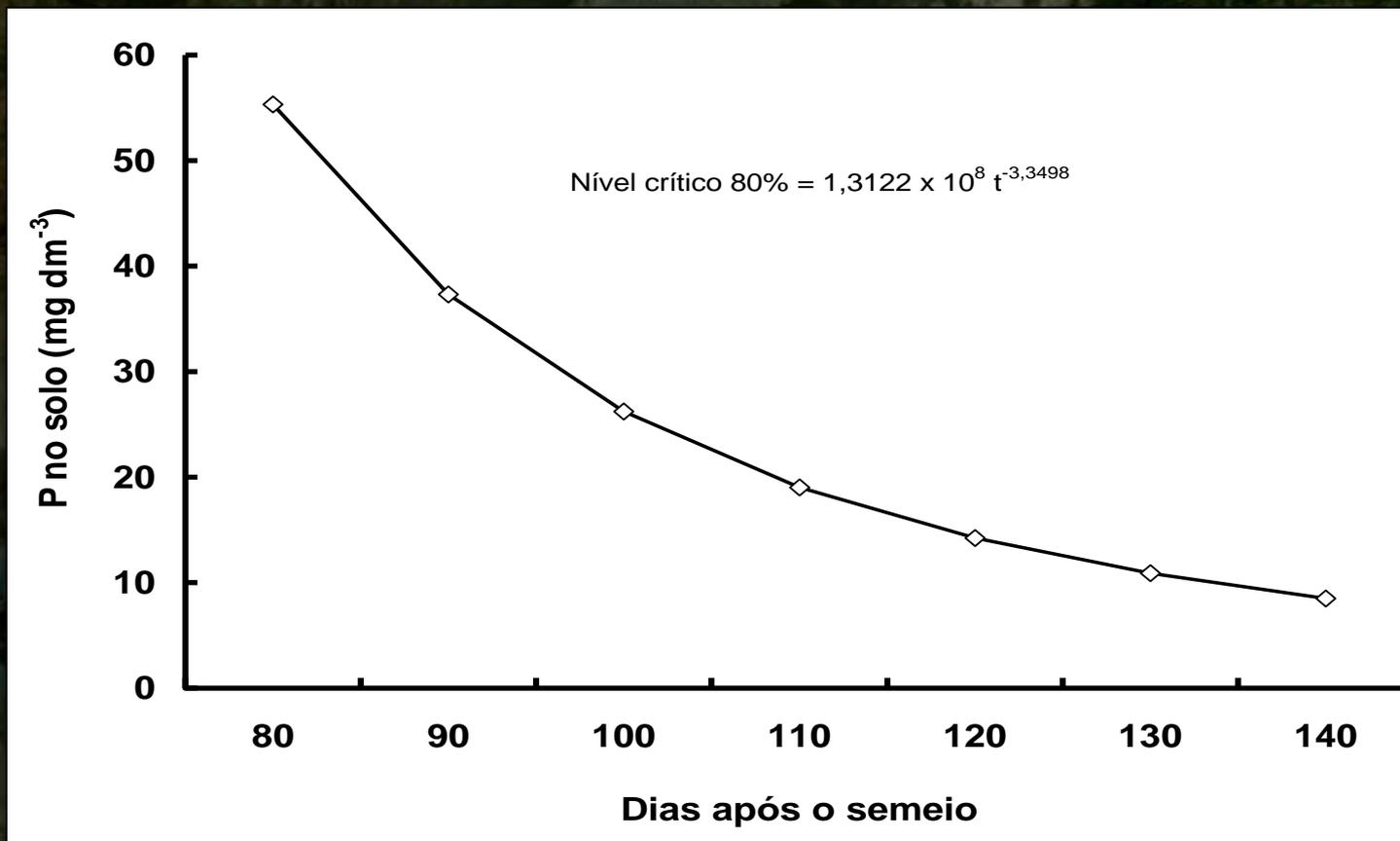
- Deficiência é menos freqüente que a de potássio
- Mais intensa em solos argilosos (> 35% argila)

Concentrações foliares de fósforo em plantios de *Eucalyptus*, em diferentes regiões e suas interpretações.

Região	Fonte	Idade (meses)	Faixa de variação		Deficiente	Adequada	Acima da adequada
			Mínima	Máxima			
			-----g kg ⁻¹ -----		----(% da área amostrada)----		
Bofete e Itatinga/SP	1	12 e 24	0,9	2,6	3	94	3
Itatinga/SP	2	12 a 60	0,9	2,0	5	95	0
Sul da Bahia	3	12	0,7	3,7	13	81	6
Sul do estado de SP	4	18	0,4	1,1	80	20	0
Sul do estado de SP	2	12 e 24	0,8	1,5	44	56	0
Vale do Paraíba/SP	4	18	0,8	1,4	38	62	0

Resposta do Eucalyptus à aplicação de P

- Exigência de fósforo diminui com idade



Varição do nível crítico de fósforo no solo, pelo extrator Mehlich 1, para que se tenha 80% do crescimento máximo estimado de mudas de eucalipto, com idade da planta.

Fonte: Novais et al. (1982).

- Nível crítico de implantação

80 mg dm⁻³ em solo arenoso

60 mg dm⁻³ em solo argiloso

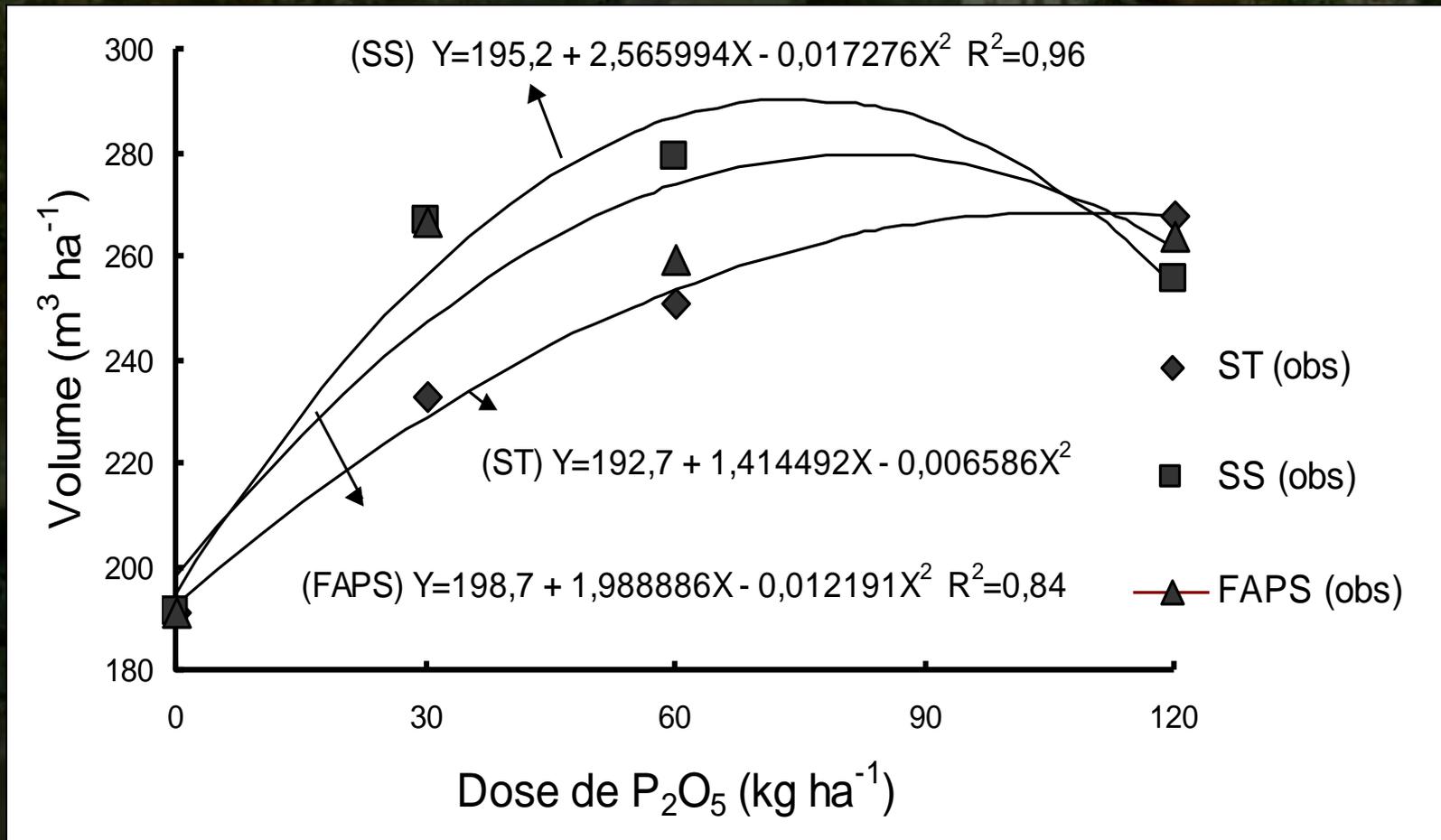
- Nível crítico de manutenção

4,5 mg dm⁻³ em solo argiloso

6,5 mg dm⁻³ em solo arenoso

50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹

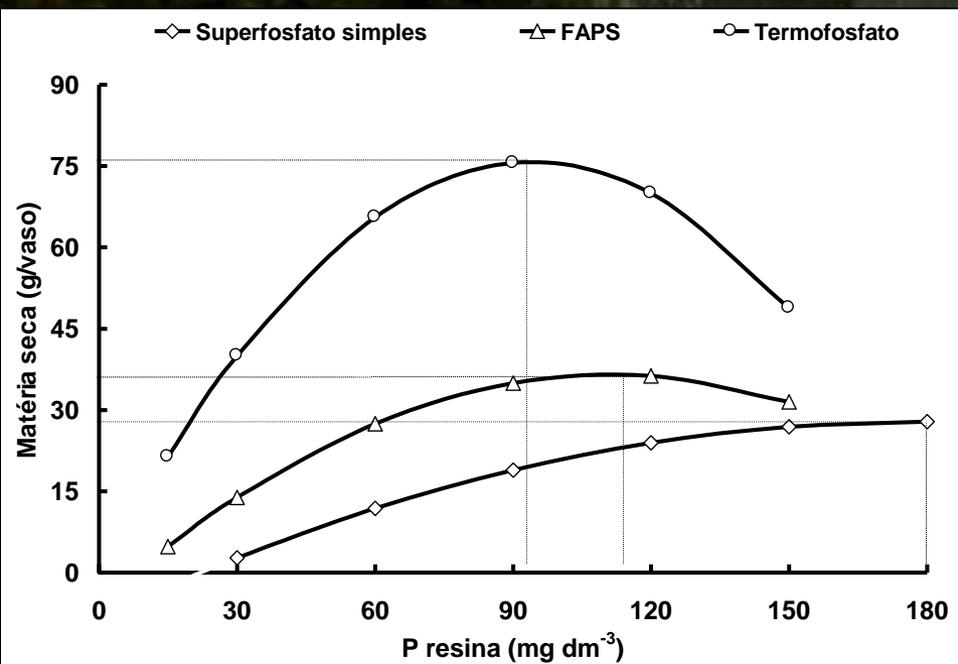
Efeitos secundários dos outros nutrientes



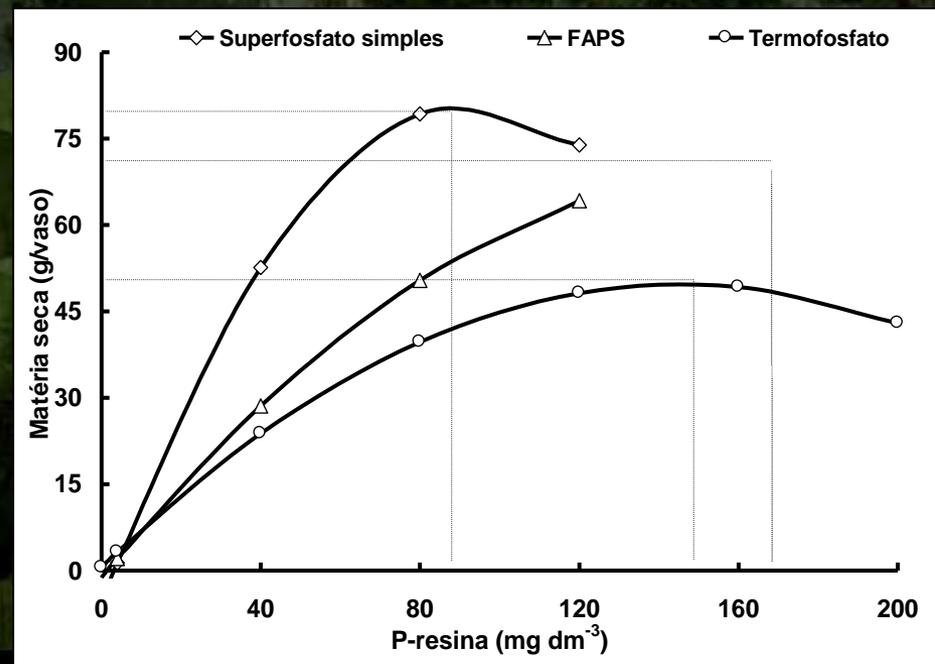
Efeito de doses e fontes de fósforo sobre a produtividade de *Eucalyptus grandis* aos 7 anos de idade, em Latossolo vermelho escuro, na região de Ribeirão Preto/SP.

Fonte: Teixeira et al. (2000)

A



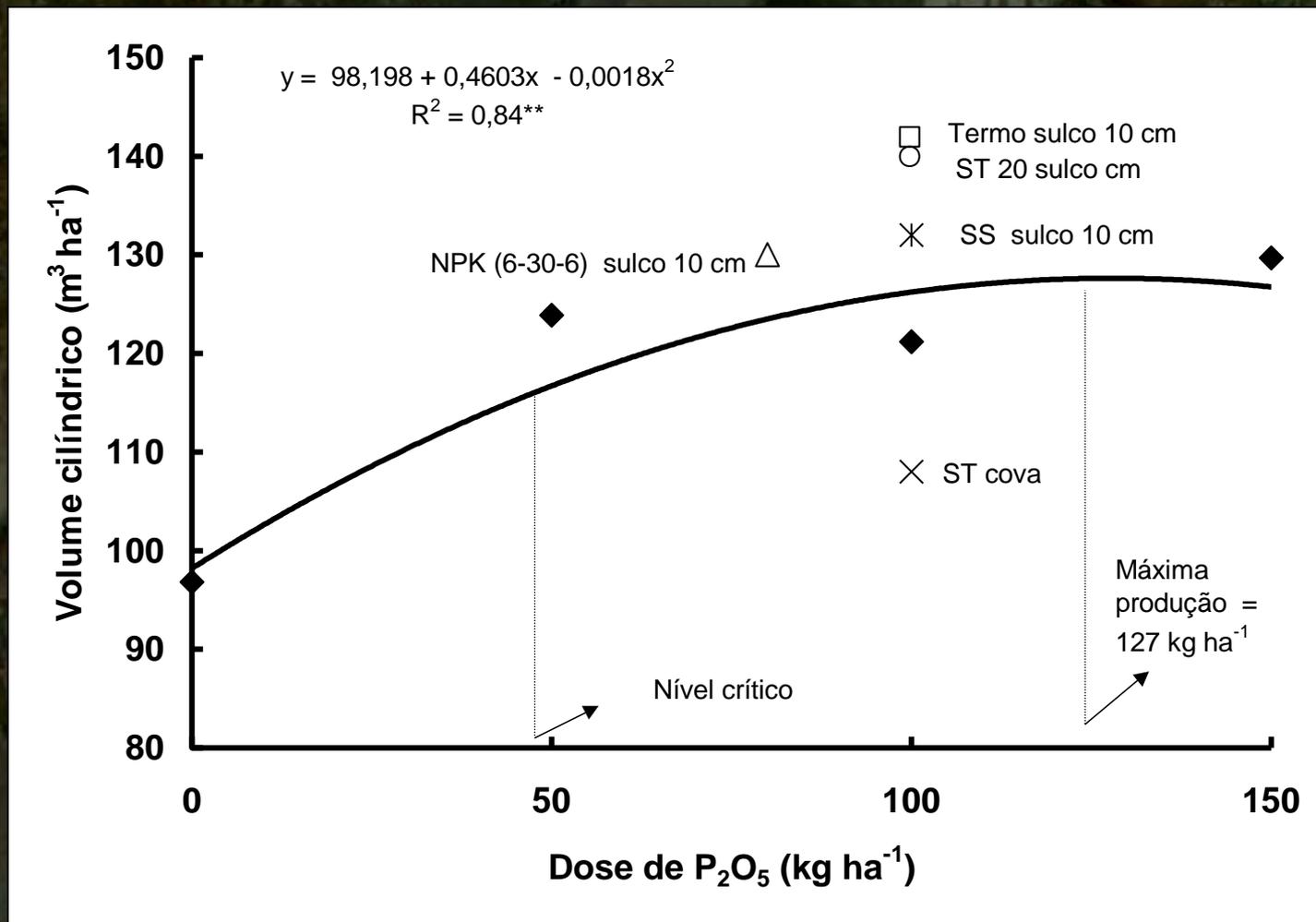
B



Crescimento de mudas de Eucalyptus grandis aos 90 dias de idade em função das concentrações de fósforo recuperadas pela resina. As linhas descontínuas destacam os níveis de fósforo para obtenção da máxima produção das diferentes fontes e solo (A) neossolo quartzarênico e (B) latossolo vermelho escuro.

Fonte: adaptado de Gava et al. (1997)

Fonte de P x localização

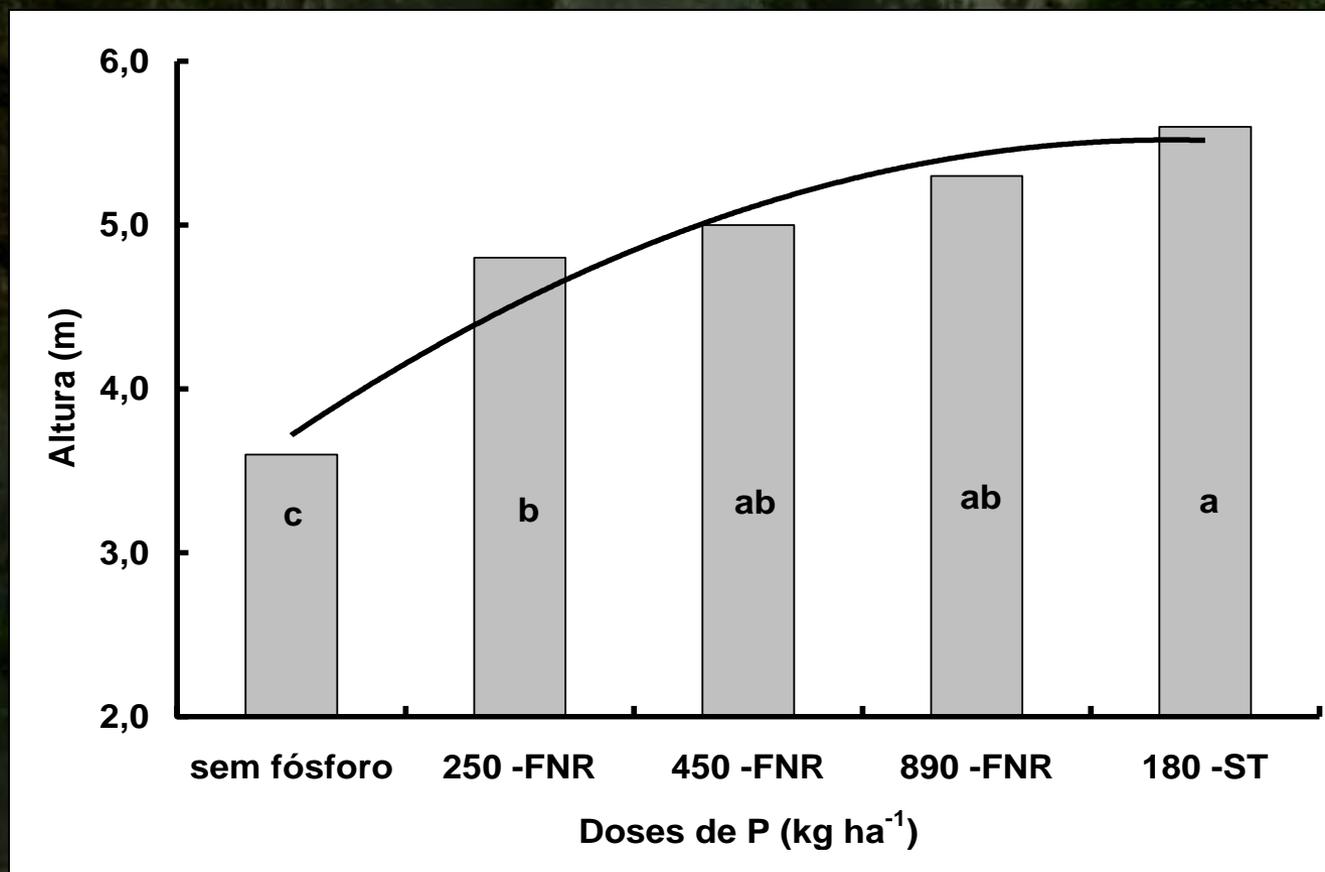


Resposta do *Eucalyptus grandis*, aos 25 meses de idade, à aplicação e localização de diferentes adubos fosfatados.

Fonte: Wichert (2001).

Eficiência de Fontes de P

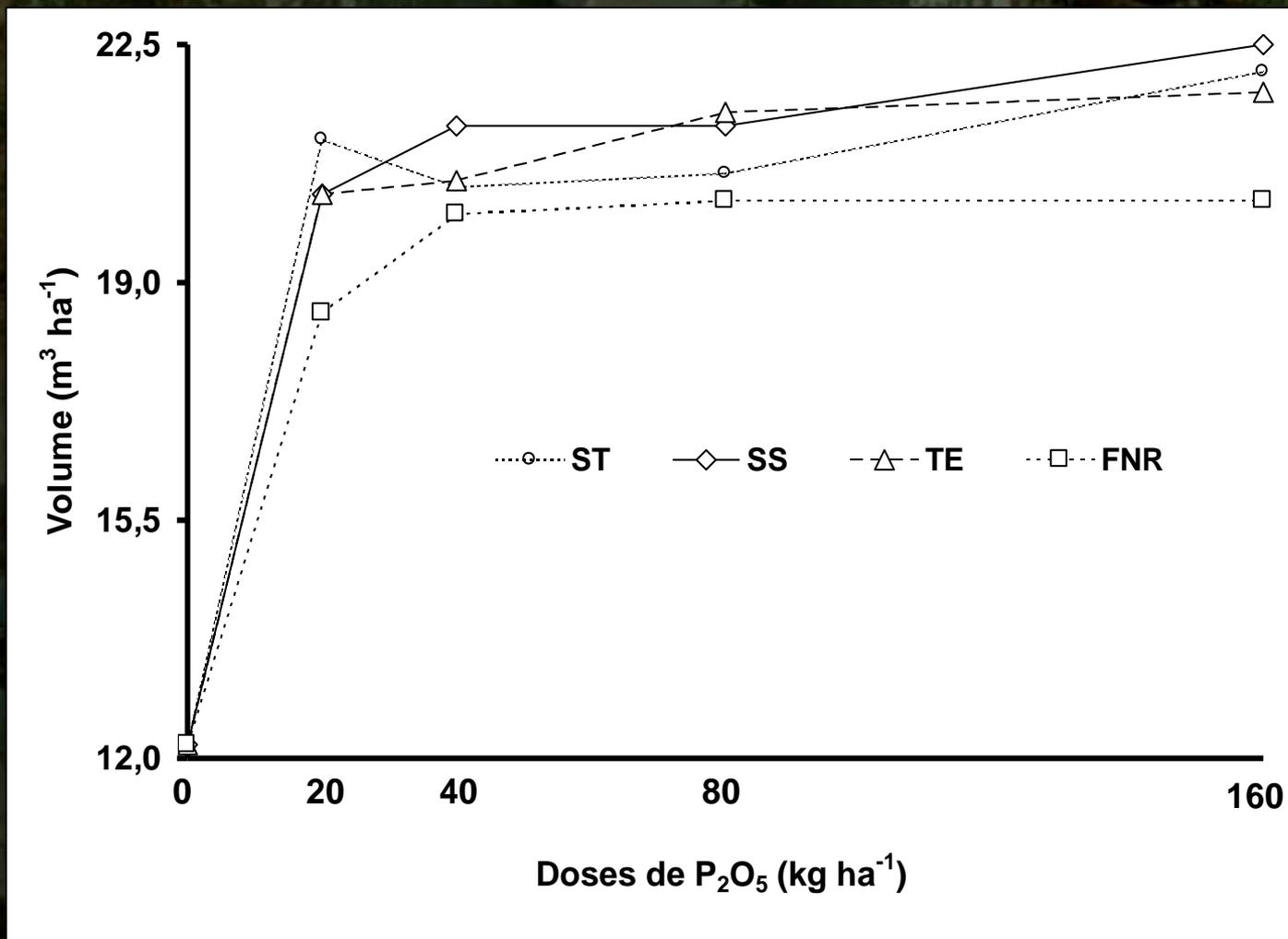
- Fonte Solúvel x Fósforo Reativo



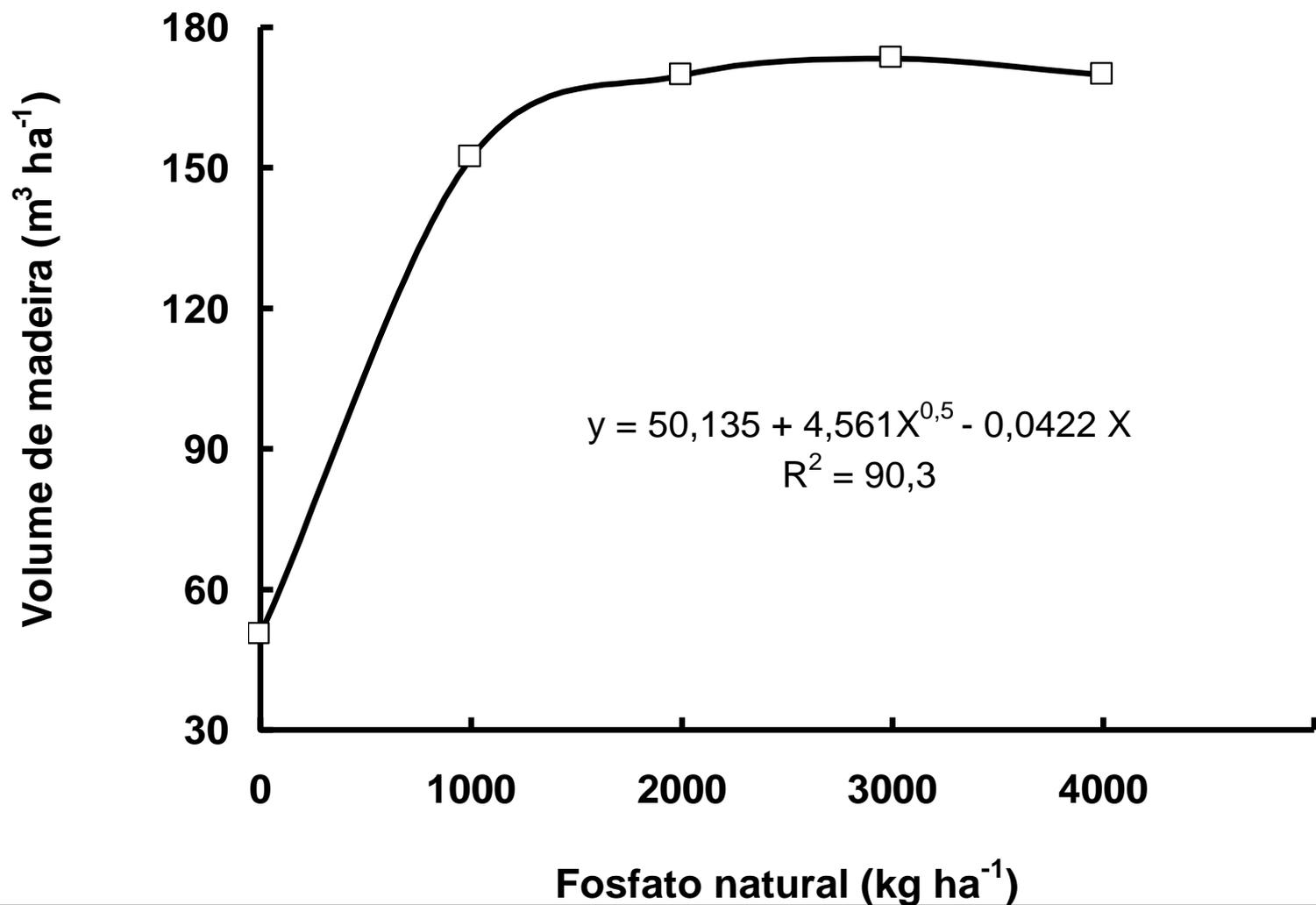
Efeito comparativo entre fósforo natural reativo e superfósforo triplo sobre o crescimento inicial do *Eucalyptus grandis*, aos 9 meses de idade, em latossolo vermelho escuro de textura argilosa (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Fonte: Gava (2003).

- Custo de P_2O_5 disponível no FNR é elevado



Efeito comparativo entre doses de diferentes fontes fosfatadas sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis*, aos 14 meses de idade, em neossolo quartzarênico.



Volume de *Eucalyptus grandis*, aos 6,5 anos de idade, em resposta à aplicação de fósforo.

Fonte: Leal citado por Barros et al. (1992)

Recomendação de adubação fosfatada

- Localização é função do capital disponível e topografia do terreno

A) Topografia favorável e disponibilidade de capital, deve-se realizar a adubação corretiva em área total ou faixa seguida de incorporação com adubos de alta solubilidade ou fosfatos naturais reativos.

B) Topografia favorável e menor disponibilidade de capital, deve-se realizar a aplicação em sulco de plantio. O uso de fosfato natural reativo não deve ultrapassar 25% da dose total recomendada.

C) Topografia desfavorável, deve-se realizar a aplicação em cova com o uso de fontes solúveis.

- Fontes de fósforo

Características dos principais adubos fosfatados usados no Brasil.

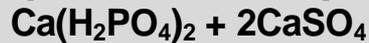
Adubo	-----P ₂ O ₅ (*)-----				N	Ca	Mg	S
	Total	HCl	CiNH ₄	H ₂ O				
Solúveis	-----(%)------							
Superfosfato simples	20	18	18	17	-	19	-	12
Superfosfato triplo	45	40	44	38	-	11	-	1
Fosfato monoamônico	52	50	52	50	10	-	-	-
Fosfato diamônico	45	42	44	40	17	-	-	-
Termofosfato	19	16	13	0	-	2	9	-
Parcialmente acidulados	26	10	12	8	-	25	-	6
Multifosfato magnesiano	18	-	18	-	-	18	3,5	11
Insolúveis								
Fosforitas								
Olinda	26	5	1	-	-	29	-	-
Hiperfosfato (Gafsa)	27	12	6	-	-	28	-	-
Arad	34	4	-	-	-	-	-	-
Norte Carolina	30	5	-	-	-	-	-	-
Flórida	30	7	5	-	-	29	-	-
Apatitas								
Patos de Minas	23	4	1,5	-	-	25	-	-
Alvorada	33	6	2,5	-	-	29	-	-
Jacupiranga	33	2	-	-	-	-	-	-
Araxá	36	5	2	-	-	29	-	-
Catalão	37	2,5	0,5	-	-	30	-	-
Tapira	37	2,5	2	-	-	30	-	-

Fontes de fósforo e condições mais adequadas para o seu uso.

Fontes

Condição mais adequada para uso

Superfosfato simples



Fonte solúvel, apresenta excelentes resultados quando utilizada na cova ou sulco de plantio. É recomendada para solos de cerrado com baixo teor de matéria orgânica ($< 20 \text{ g dm}^{-3}$), enxofre ($< 5 \text{ mg dm}^{-3}$) e com altos teores de alumínio. Não é recomendada para solos com pH em CaCl_2 maior que 7.

Superfosfato triplo



Fonte solúvel, apresenta excelentes resultados quando utilizada na cova ou sulco de plantio. O seu uso em solos com baixo teor de matéria orgânica (enxofre) deve estar associado a aplicação de gesso como corretivo antes do plantio ou com uma fonte de S na cobertura (sulfato de amônio). Não é recomendada para solos com pH em CaCl_2 maior que 7.

Termofosfato magnésiano
[3 MgO CaO P₂O₅ 3(CaO SiO₂)]

A solubilidade depende da acidez do solo. É recomendado para solos ácidos e naqueles com topografia acidentada cuja a calagem seja de difícil aplicação, pois nesse caso, além de ser boa fonte de P, corrige o solo (silicatos e óxidos) e fornece Ca e Mg.

Fosfatos naturais
3Ca₃(PO₄)₂ CaX
onde X pode ser:
flúor (F⁻)
hidróxido (OH⁻)
carbonato (CO₃⁻²)

Produzem melhores efeitos em solos ácidos, ricos em matéria orgânica, com baixo teor de Al trocável e com boa distribuição da precipitação durante o ano. Dentro dos fosfatos naturais deve se dar preferência para o uso dos sedimentares (fosforitas) em relação aos de origem ígnea (apatitas). Não é recomendado para aplicação superficial e também em solos que receberam calagem (pH CaCl₂ > 5,5)

Região Amazônica

Fosfato monoamônio (MAP)
 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

**Fosfato diamônio
(DAP)**
 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

São excelentes fontes quando se deseja fornecer nitrogênio juntamente com o fósforo. Para uso no plantio, são recomendadas para solos com pH mais elevados ($\text{pH CaCl}_2 > 6,5$). Além disso, por apresentarem alta solubilidade podem ser utilizadas em adubações corretivas em povoamentos implantados.

Solos com elevado pH - Uruguai

Sul da Bahia - Mamão

Ácido fosfórico
 (H_3PO_4)

Fonte muito utilizada em adubos líquidos. Para solos de pH alto, com abundância de Ca pode ser uma fonte alternativa de P.

- Doses adequadas

Recomendação de fósforo para *Eucalyptus*, de acordo com o teor de argila e de fósforo disponível do solo (camada de 0-20 cm).

Teor de argila (%)	Teor de P-resina (mg dm^{-3})			
	0-2	3-5	6-8	>8
	----- kg ha^{-1} de P_2O_5 -----			
< 15	60	40	20	0
15-35	90	70	50	20
> 35	120	100	60	30

Fonte: Gonçalves et al. (1996).

Considerações finais

- Selecionar clones mais eficientes na absorção e utilização de P
- Estabelecer a fonte mais adequada em função de aspectos técnicos e econômicos
- Dose econômica em função do tipo de solo e material genético
- Determinar a resposta em brotações e florestas deficientes