

IPEF - ESALQ
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SCIENTIA
FORESTALIS

ISSN 1413-9324
Nº 54, Dezembro, 1998

Níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas para a implantação de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em quatro tipos de solos

Phosphorus critical levels on soil and leaves for the implantation of Eucalyptus grandis Hill ex Maiden, in four types of soils.

João José Ismael; Sérgio Valiengo Valeri; Lenine Corradini;
Sílvio Fernandes Alvarenga; Celina Ferraz do Valle;
Manoel Evaristo Ferreira; David Ariovaldo Banzatto

RESUMO: Mudanças de *Eucalyptus grandis* foram plantadas em um latossolo (LEa) e em três areias quartzosas (AQ₁, AQ₂ e AQ₃) na região de Ribeirão Preto – SP no período de 12 a 16 de abril de 1996, após a aplicação de 0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. O clima da região é do tipo Cwa, mesotérmico seco (Köppen). Antes da aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm do solo, o teor de argila foi de 11 % no AQ₁, 9 % no AQ₂, 14 % no AQ₃ e 40 % no LEa, sendo que os solos AQ₁ e AQ₂ apresentaram 2 mg dm⁻³ de P e os solos AQ₃ e LEa 5 mg dm⁻³ de P. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco repetições. Foram estimados os níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas em função de 90 % dos valores máximos de altura e diâmetro do caule das plantas. A concentração de fósforo no solo foi determinada no início do experimento, utilizando-se o extrator Mehlich-1 e a resina trocadora de ânions. A concentração de fósforo nas folhas, a altura e o diâmetro foram avaliados aos seis meses após o plantio. No latossolo, o nível crítico em função da altura foi de 8 mg dm⁻³ de P para o extrator Mehlich-1 e 13 mg dm⁻³ para a resina, e em função do diâmetro foram de 6 e 11 mg dm⁻³ de P, respectivamente. Nas folhas, os níveis críticos de P foram de 1,4 e 1,4 g kg⁻¹ em função da altura e do diâmetro, respectivamente. Nas areias quartzosas, não foi possível estimar os níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas, pois houve uma relação linear crescente entre os dados de altura da planta, diâmetro do caule e teor de fósforo nas folhas com a elevação das doses aplicadas de fósforo.

PALAVRAS-CHAVE: *Eucalyptus*, Fósforo, Nível crítico, Solo, Folhas, Crescimento

ABSTRACT: *Eucalyptus grandis* were planted in a dark red latosol (LEa) and in three quartzose sand soils (AQ₁, AQ₂, AQ₃) on April 12-16, 1996 after the phosphate fertilizer application of 0, 150, 300, 450 and 600 kg ha⁻¹ P₂O₅ used in a triple superphosphate form. The climate is Cwa according to classification of Köppen. Before the application of the treatments, at the soil depth of 0 to 20 cm, the clay text was of 11 % in the AQ₁, 9 % in the AQ₂, 14 % in the AQ₃ and 40 % in the LEa, the soils AQ₁ and AQ₂ presented 2 mg dm⁻³ of P and the soils AQ₃ and LEa 5 mg dm⁻³ of P. The experimental design was a randomized block with five replications. Were estimated in the leaves and in the soil the critical levels of phosphorus in function of 90 % of the maximum plant height and diameter attained by the plants six months after planting. Were evaluated the characteristics: plant height, stem diameter, phosphorus content in the leaves and in the soil recovered by the Melich-1 extractor and anion-exchange resin. Based on the results for the latosol was obtained a P critical level for the plant height of 8 mg dm⁻³ related to the Melich-1 extractor and 13 mg dm⁻³ for the ion-exchange resin and for the diameter were 6 and 11 mg dm⁻³, respectively. In the leaves the critical level of phosphorus

were 1.4 and 1.4 g kg⁻¹ in function of height and diameter, respectively. In the sand soil it was not possible to esteem the critical levels of phosphorus in the soil and in the leaves, because there was a growing lineal relationship among the data of height of the plant, diameter of the stem and the concentration of phosphorus in the leaves with the elevation of the applied doses of phosphorus.

KEYWORDS: *Eucalyptus*, Phosphorus, Critical level, Soil, Leaves, Growth

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos níveis críticos dos nutrientes no solo e nos tecidos vegetais possibilita uma recomendação mais precisa da adubação. Segundo Alvarez et al. (1988), o nível crítico corresponde ao teor do elemento na planta ou no solo abaixo do qual a taxa de crescimento ou a produção vegetal diminui significativamente, demonstrando a necessidade de adubação complementar.

O uso de extratores químicos que possuem variadas composições e formas de atuação podem gerar valores que não correspondem ao fósforo que efetivamente é colocado à disposição das plantas (Novais et al., 1986). Entre os vários extratores, o uso da resina trocadora de íons não é só sugerido, mas utilizado em vários laboratórios, uma vez que pode simular de forma mais adequada a capacidade de extração do elemento pelas plantas (Van Raij, 1991). Alguns trabalhos de pesquisa foram realizados no sentido de se estimar os níveis críticos de fósforo para a implantação do eucalipto, sendo que vários deles utilizaram apenas o extrator Menlich-1 (Barros et al., 1982; Novais et al., 1986). Entretanto, os valores encontrados na literatura, em sua maioria, se baseiam em experimentos conduzidos em estádio de produção de mudas e não no estádio de desenvolvimento no campo. Estes fatos mostram a necessidade de desenvolver pesquisas relacionadas com níveis críticos de fósforo no solo para a cultura do eucalipto, em condições de campo, incluindo a utilização do método da resina.

Novais et al. (1990) consideram que para saber se um determinado nível de fósforo disponível numa amostra de solo é adequado para o crescimento do eucalipto, como de qualquer outra cultura perene, pelo menos três informações devem estar disponíveis: a idade da planta em crescimento, a textura do solo e o extrator utilizado. O nível crítico de fósforo no solo diminui com o aumento da idade das árvores, conforme verificaram Ballard e Pritchett (1975), citados por Novais et al. (1990), para a cultura do pinus e Novais et al. (1982) para a cultura do eucalipto. Estes últimos autores estimaram que o nível crítico de fósforo no solo, responsável por 80 % da altura máxima das mudas, caiu de 52 mg dm⁻³ de P aos 85 dias de idade para 12 mg dm⁻³ aos 133 dias. Este decréscimo foi atribuído às variações no crescimento radicular e/ou possíveis alterações metabólicas das plantas com a idade.

Estudos de níveis críticos de fósforo no solo, para o desenvolvimento de mudas de eucalipto em condições de casa de vegetação e viveiro, foram realizadas por Barros et al. (1982). Os valores obtidos decresceram de 60 mg dm⁻³ aos 45 dias de idade para 5 mg dm⁻³ aos 130 dias em solo argiloso e de 80 mg dm⁻³ para 20 mg dm⁻³ nas mesmas épocas, respectivamente, em solo arenoso. Os resultados demonstraram claramente que os níveis críticos decrescem com a idade da planta. Estes valores são citados como parâmetros nas interpretações de análises de solo para eucalipto por Novais et al. (1986).

Bellote (1979), ao estimar a concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis*, em função da idade, constatou variações nas concentrações de fósforo nas folhas, que variaram de 1,3 g kg⁻¹ no primeiro ano a 0,9 g kg⁻¹ aos sete anos de idade, demonstrando uma tendência de queda dos valores das concentrações foliares com o aumento da idade das plantas.

Em função do exposto, o presente trabalho teve por objetivo determinar o nível crítico de fósforo no solo e nas folhas para a implantação do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em condições de campo, utilizando os extratores Mehlich-1 e resina trocadora de íons.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a instalação dos experimentos, foram selecionadas quatro áreas de 1014 m² (39 m x 26 m), pertencentes à CELPAV - VCP - Luiz Antonio, sendo três delas sob areias quartzosas (AQ₁, AQ₂ e AQ₃) e uma sob um latossolo vermelho-escuro álico (LEa). Os solos AQ₁, AQ₂ estão localizados no município de Santa Rita do Passa Quatro - SP, a 21°43'S, 47°29'W e 760 m de altitude, respectivamente, nas glebas florestais denominadas de Império e Vale Aprazível. O solo AQ₃ localiza-se no município de São Carlos - SP, a 21°21'S, 47°54'W e 885 m de altitude, na gleba florestal Igaratá. O solo LEa localiza-se no município de Luiz Antônio - SP, a 21°43'S, 47°55'W e 500 m de altitude, na gleba florestal Guataparará. A região onde foram instalados os experimentos sofre influência do clima tipo Cwa, denominado mesotérmico seco, de acordo com a classificação de Köppen.

As características físicas e químicas dos solos a 0-20 cm de profundidade, em 13 de novembro de 1992, estão apresentadas na Tabela 1. O solo foi arado e posteriormente gradeado duas vezes em 15 de janeiro de 1993, a fim de contro-

lar as plantas daninhas, e homogeneizar o terreno, dando condições adequadas para o desenvolvimento das mudas. A 20 de janeiro de 1993, foram aplicadas 3,73; 1,76; 2,93 e 4,05 t/ha de calcário dolomítico nos solos AQ₁, AQ₂, AQ₃ e LEa, respectivamente. As doses de calcário foram calculadas para elevar a porcentagem de saturação por bases dos solos a 50 %, com base em Van Raij et al. (1997). O calcário dolomítico utilizado apresentou poder relativo de neutralização total (P.R.N.T) médio de 63 %, contendo 24 % de CaO e 16 % de MgO.

Os tratamentos foram aplicados aos 46 dias após a incorporação do calcário, com a adição de 0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅, tendo sido utilizado como fonte o superfosfato triplo em pó com 41 % de P₂O₅. Cada parcela de 32 m² (4 m x 8 m) foi dividida em quatro quadrantes, para possibilitar a distribuição da dose correspondente ao tratamento. As subdoses para cada

Tabela 1

Algumas características físicas e químicas dos solos à profundidade de 0-20 cm.
Some physical and chemical soil analysis results (soil samples taken at 0-20 cm depth).

Característica	Solos			
	(AQ ₁)	(AQ ₂)	(AQ ₃)	(LEa)
P (resina mg dm ⁻³)	2	2	5	5
M.O. (g dm ⁻³)	17	17	14	25
pH em CaCl ₂	3,8	4,8	3,9	4,1
K ⁽¹⁾	0,3	0,2	0,4	0,4
Ca ⁽¹⁾	3	7	3	4
Mg ⁽¹⁾	2	5	2	3
H + Al ⁽¹⁾	52	34	42	58
SB ⁽¹⁾	5	12	5	7
CTC ⁽¹⁾	57	46	47	65
V (%)	9	26	11	11
Argila ⁽²⁾	11	9	14	40
Limo ⁽²⁾	0	1	1	4
Areia Fina ⁽²⁾	40	57	50	36
Areia Grossa ⁽²⁾	49	33	35	20

AQ_(1,2,3) = areias quartzosas;
LEa = latossolo vermelho-escuro álico
(1) = (mmol_cdm³)
(2) = porcentagem (%)

quadrante foram espalhadas manualmente e incorporadas ao solo com auxílio de um enxadão, a profundidade de 0 a 20 cm.

Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, formadas em tubos cônicos de plástico rígido (tubetes), a partir de sementes procedentes de pomar localizado na região de Ribeirão Preto – SP, cujo material genético foi originário de Bonville, Coff's Harbour – Austrália. As mudas, com altura média de 20 cm, foram plantadas no espaçamento de 0,5 x 1,0 m, entre os dias 12 e 16 de abril de 1993, após o período de 34 dias de incubação do fósforo no solo.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, totalizando 25 parcelas de 32 m² (4 x 8 m). Cada parcela apresentou um total de 64 plantas, sendo que as avaliações foram realizadas na área útil de 8 m², envolvendo as 16 plantas centrais.

Após o período de 36 dias de incubação do fósforo aplicado e imediatamente antes do plantio, foram coletadas amostras de solo com o auxílio de trado 'SONDATERRA' modelo S40. Coletaram-se 21 amostras simples na camada de 0 a 20 cm para a confecção de uma amostra composta por parcela. O fósforo do solo foi determinado pelos extratores de resina trocadora de íons (Amer et al., 1955) e Mehlich-1 (Nelson et al., 1953).

A altura das plantas foi analisada a cada dois meses, até aos seis meses após o plantio no campo e, nesta época, também foi medido o diâmetro do caule a 15 cm do solo.

Foram feitas análises químicas das folhas aos seis meses após o plantio. As folhas foram coletadas das oito plantas centrais de cada parcela, das quais foram retiradas duas folhas de cada um dos quadrantes do terço médio da planta, escolhendo-se as folhas recém-maduras localizadas na parte intermediária do ramo, de acordo com Haag et al. (1976). O material moído sofreu digestão nitroperclórica e o fósforo do extrato foi determinado por colorimetria.

Foram determinadas equações de regressão entre os dados de teor de fósforo no solo, altura das plantas, diâmetro do caule e teor de fósforo nas folhas, em função das doses aplicadas.

No latossolo (LEa), devido ao efeito quadrático da aplicação de fósforo no crescimento em altura e diâmetro das árvores, foi possível estimar a dose crítica ou recomendável de adubo, equivalente ao valor de 90 % do crescimento máximo (Muniz, 1983). A dose recomendável foi substituída na equação que relaciona o fósforo recuperado, tanto pelo extrator Mehlich-1 como o de resina, em função das doses de fósforo aplicadas. O teor de fósforo obtido na equação corresponde ao nível crítico estimado. O nível crítico de fósforo foliar foi obtido introduzindo-se a dose recomendável na equação de regressão estimadora do teor de fósforo nas folhas aos seis meses de idade, em função das doses aplicadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de fósforo variaram em função do tipo de solo e do extrator químico utilizado (Tabela 2). Nas areias quartzosas (AQ₁, AQ₂ e AQ₃), os teores de fósforo foram maiores com o uso do extrator Mehlich-1 em relação à resina trocadora de íons. Entretanto, no solo mais argiloso, latossolo (LEa), o teor extraído pela resina foi superior ao extraído pelo Mehlich-1. Uma hipótese para explicar esta inversão nos resultados seria a de que nos solos argilosos, a exemplo dos latossolos, há predominância de fosfatos de ferro e alumínio. Estas duas formas de fosfato são mais removidas pelo uso da resina do que pelo Mehlich-1, que tem uma ação preferencial por fosfatos de cálcio (Muniz, 1983). Além disso, outros fatores poderiam ter levado a essa reação, como o consumo ou desgaste do extrator Mehlich-1 (Bahia Filho et al., 1983) e o período de agitação da solução solo-resina (Gonçalves et al., 1987).

Tabela 2

Teores médios de fósforo e equações de regressão estimadoras do fósforo recuperado pelos extratores Mehlich-1 e resina (\hat{y}), em função das doses de P_2O_5 aplicadas (x), nos quatro tipos de solo.

Average phosphorus content and regression equation to estimate the extractable phosphorus by the Mehlich-1 and resin extractor (\hat{y}) in function of the applied P_2O_5 doses (x) and in four soil types.

Tipos de solo	Extrator	Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)					Equações	F	R ²
		0	150	300	450	600			
AQ ₁	Mehlich-1	6	23	31	24	38	$\hat{y} = 11,6400 + 0,0431 x$	13,45**	0,75
	Resina	6	18	20	17	26	$\hat{y} = 9,6800 + 0,255 x$	6,51*	0,69
AQ ₂	Mehlich-1	10	22	43	52	60	$\hat{y} = 11,2400 + 0,0875 x$	32,96**	0,97
	Resina	7	13	25	38	50	$\hat{y} = 4,4800 + 0,0739 x$	47,00**	0,99
AQ ₃	Mehlich-1	12	21	34	37	69	$\hat{y} = 13,5428 + 0,0214 x + 0,00010 x^2$	7,50*	0,95
	Resina	8	13	22	25	44	$\hat{y} = 8,6114 + 0,0185 x + 0,000075 x^2$	7,43*	0,96
LEa	Mehlich-1	1	7	11	13	21	$\hat{y} = 1,8000 + 0,0300 x$	83,68**	0,95
	Resina	4	12	18	19	29	$\hat{y} = 5,2400 + 0,0378 x$	79,14**	0,96

AQ_(1,2,3) = areias quartzosas; LEa = latossolo vermelho - escuro álico

(*,**) = significativos, respectivamente (P < 0,05) e (P < 0,01)

Na Tabela 2 também são apresentadas as equações de regressão que explicam a variação dos teores recuperados de fósforo em função das doses aplicadas. Com base nos valores de coeficiente de determinação (R²), observa-se que mais de 95 % da variação dos teores de fósforo no solo foram explicados pelas equações referentes aos solos AQ₂, AQ₃ e LEa. No solo AQ₁, os valores de R² das duas equações foram menores, sendo que, com o uso do extrator Mehlich-1, a equação linear explica 75 % da variação do teor de fósforo e, com o uso da resina, a equação obtida explica 69 % da variação.

Os valores médios de altura das plantas aos dois, quatro e seis meses e de diâmetro do caule aos seis meses após o plantio das mudas, em função das doses de fósforo aplicadas, são apresentados na Tabela 3.

A altura e o diâmetro aumentaram linearmente com o crescimento das doses de fósforo nas

areias quartzosas AQ₁ e AQ₂ em todas as épocas de avaliação (Figuras 1, 2 e 5), com exceção da variação da altura aos quatro meses (Figura 2) e do diâmetro do caule das plantas aos seis meses no solo AQ₂ (Figura 5), que foram explicadas por equações de terceiro grau. Entretanto, em ambos os casos a equação de terceiro grau foi ascendente, mostrando que a maior altura e diâmetro foram obtidos com a dose máxima de fósforo, apesar dos pontos de máxima e mínima no trecho intermediário das curvas.

No solo AQ₃, a regressão linear foi significativa para altura das plantas aos quatro e seis meses de idade após o plantio (Figura 3).

No latossolo (LEa), houve significância da regressão linear para a altura aos quatro meses (Figura 4) e, aos seis meses, houve efeito da regressão quadrática da altura e diâmetro (Figuras 4 e 5, respectivamente) em função das doses de fósforo. Desta maneira, nas idades avaliadas, não

Tabela 3

Médias de altura das plantas aos dois, quatro e seis meses, e de diâmetro do caule aos seis meses após o plantio de *Eucalyptus grandis*, em quatro tipos de solos, em função das doses de fósforo.

Average of plant height (at two, four and six months old) and of stem diameter (six months old) of Eucalyptus grandis, in function of the applied P₂O₅ doses and in four soil types.

Tipo de solo	Parâmetro de crescimento	Meses após o plantio	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
			0	150	300	450	600	
AQ ₁	Altura (m)	2	0,46	0,48	0,51	0,48	0,52	
		4	0,86	0,93	0,95	0,97	1,25	
		6	1,92	2,18	2,31	2,25	2,37	
	Diâmetro (cm)	6	1,67	1,85	1,86	1,96	1,99	
		Altura (m)	2	0,39	0,40	0,40	0,40	0,41
			4	0,65	0,70	0,68	0,68	0,74
6	1,68		1,90	1,87	1,94	2,10		
Diâmetro (cm)	6	1,54	1,69	1,73	1,65	1,78		
	Altura (m)	2	0,42	0,43	0,42	0,43	0,44	
		4	0,70	0,73	0,72	0,74	0,78	
6		1,77	1,89	1,92	2,34	2,00		
Diâmetro (cm)	6	1,68	1,76	1,73	1,75	1,78		
	Altura (m)	2	0,43	0,45	0,46	0,45	0,44	
		4	0,69	0,78	0,85	0,84	0,85	
6		1,61	2,07	2,27	2,25	2,34		
Diâmetro (cm)	6	1,47	1,75	1,83	1,82	1,84		

AQ_(1,2,3) = areias quartzosas; LEa = latossolo vermelho - escuro álico

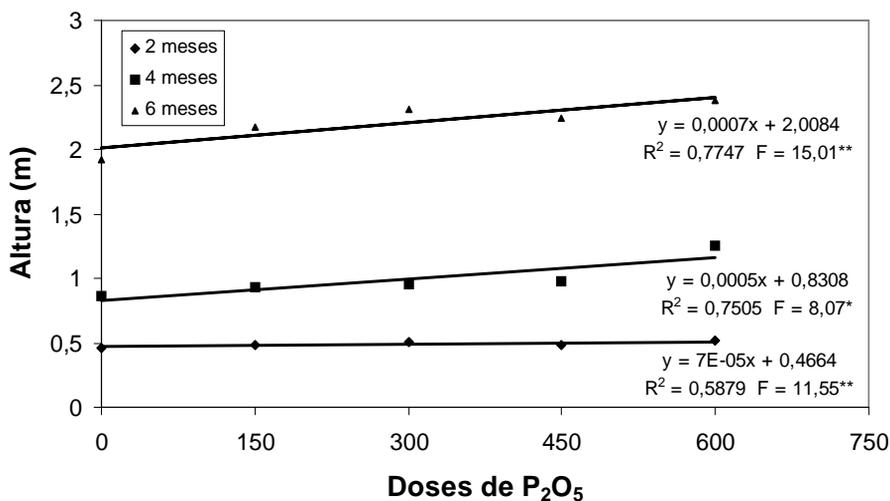


Figura 1

Equações de regressão estimadoras da altura (\hat{y}) das plantas de *Eucalyptus grandis* aos dois, quatro e seis meses após o plantio, em função das doses de P₂O₅ (x) aplicadas nas areias quartzosas (AQ₁).

Regression equation of the plant height (\hat{y}) of Eucalyptus grandis at two, four and six months after planting in function of the applied P₂O₅ doses (x) in a quartzose sand soil (AQ₁).

foi possível estimar a dose crítica ou recomendável de fósforo nas areias quartzosas, pois apenas as regressões lineares foram significativas, não se obtendo um ponto de máximo de crescimento (Figuras 1, 2 e 3).

Nesta situação, até aos seis meses após o plantio, o nível crítico de fósforo no solo foi superior ao teor de fósforo recuperado do solo, quando se utilizou a maior dose de fósforo aplicada (600 kg ha^{-1} de P_2O_5), tanto para o crescimento em altura como em diâmetro do caule das plantas. Utilizando-se as equações de regressão estimadoras de fósforo recuperado pelos dois extratores, em função das doses de P_2O_5 aplicadas (Tabela 2), a dose máxima resultou nos teores de 38 e 25 mg P dm^{-3} no solo AQ_{11} , de 64 e 49 mg P dm^{-3} no solo AQ_2 e de 62 e 47 mg P dm^{-3} no solo AQ_3 , respectivamente, para os extratores Mehlich-1 e resina. Cabe salientar que, numa idade mais avançada, o nível crítico deve ser atingido com uma dose menor que 600 kg ha^{-1} de P_2O_5 , pois o nível crítico diminui com o aumento da idade do eucalipto, como mostra Novais et al. (1986).

No latossolo (LEa), houve efeito linear da aplicação de fósforo na altura das plantas aos quatro meses de idade (Figura 4), indicando uma alta exigência das plantas jovens em fósforo. Nesta idade, a dose máxima (600 kg ha^{-1} de P_2O_5) resultou nos teores de fósforo recuperado no solo de 20 e 28 mg P dm^{-3} , para os extratores Mehlich-1 e resina, respectivamente, sendo que os níveis críticos devem estar acima destes valores. Porém, aos seis meses após o plantio, houve efeitos quadráticos da aplicação de fósforo no crescimento em altura e diâmetro das plantas, no latossolo (LEa), ilustrados nas Figuras 4 e 5. Sendo assim, determinou-se o valor de 90 % do crescimento máximo em altura que foi de 2,1 m e em diâmetro que foi de 1,7 cm. As doses recomendáveis para se obter 90 % do crescimento máximo foram de 201 e 128 kg ha^{-1} de P_2O_5 para altura e diâmetro, respectivamente. Os níveis críticos de fósforo no solo para o crescimento em altura das plantas foram estimados em 8 e 13 mg P dm^{-3} em função dos extratores Mehlich-1 e resina, respectivamente. Para o crescimento em

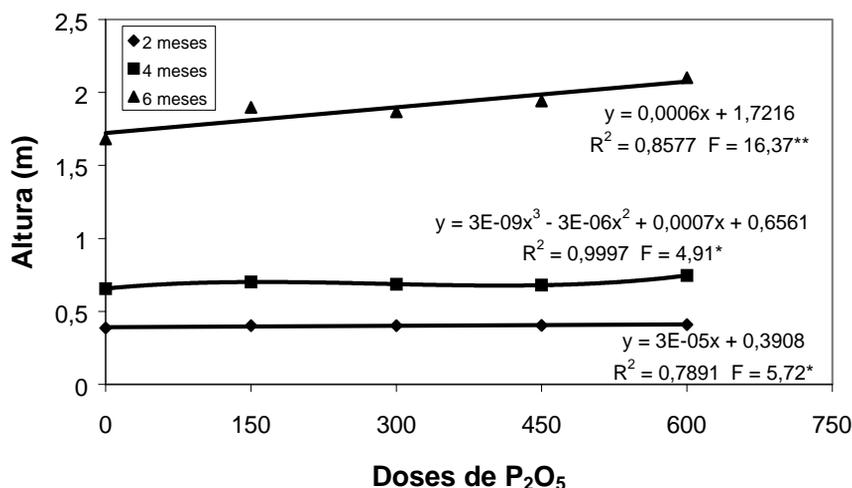


Figura 2

Equações de regressão estimadoras da altura (\hat{y}) das plantas de *Eucalyptus grandis* aos dois, quatro e seis meses após o plantio, em função das doses de P_2O_5 (x) aplicadas nas areias quartzosas (AQ_2).

*Regression equation of the plant height (\hat{y}) of *Eucalyptus grandis* at two, four and six months after planting in function of the applied P_2O_5 doses (x) in a quartzose sand soil (AQ_2).*

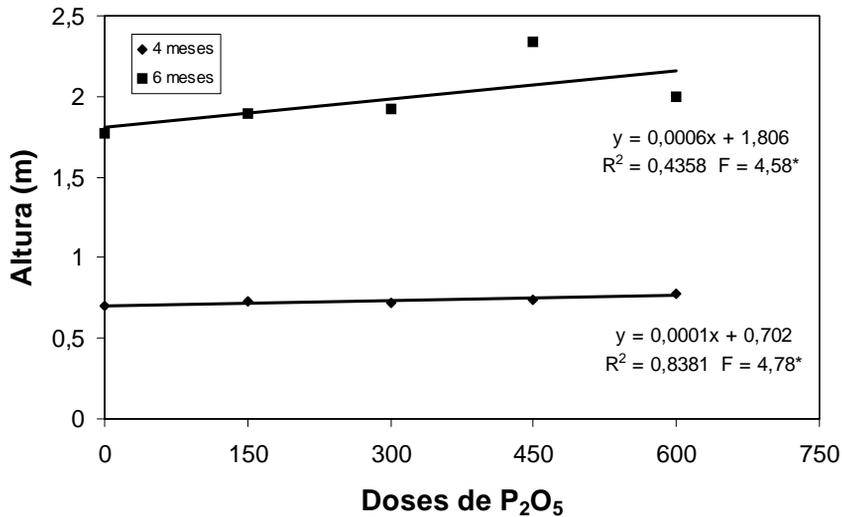


Figura 3

Equações de regressão estimadoras da altura (\hat{y}) das plantas de *Eucalyptus grandis* aos quatro e seis meses após o plantio, em função das doses de P_2O_5 (x) aplicadas nas areias quartzosas (AQ_3).

*Regression equation of the plant height (\hat{y}) of *Eucalyptus grandis* at four and six months after planting in function of the applied P_2O_5 doses (x) in a quartzose sand soil (AQ_3).*

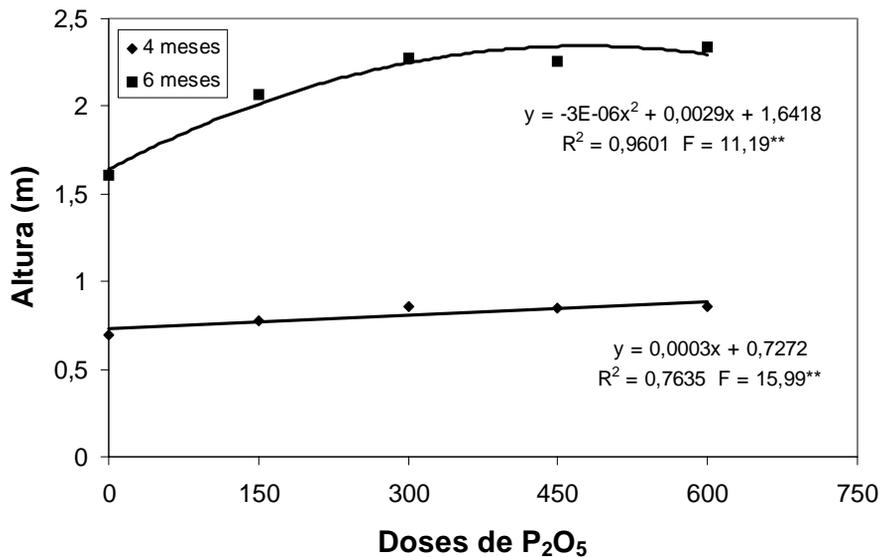


Figura 4

Equações de regressão estimadoras da altura (\hat{y}) das plantas de *Eucalyptus grandis* aos quatro e seis meses após o plantio, em função das doses de P_2O_5 (x) aplicadas no latossolo vermelho-escuro (LEa).

*Regression equation of the plant height (\hat{y}) of *Eucalyptus grandis* at four and six months after planting in function of the applied P_2O_5 doses (x) in a dark red latosoil (LEa).*

diâmetro, os níveis críticos foram de 6 e 10 mg P dm^{-3} em função dos extratores Mehlich-1 e resina, respectivamente. É de salientar que os níveis críticos de fósforo no solo, tanto para a altura como para o diâmetro, foram quase duas vezes maiores quando estimados pela resina do que pelo Mehlich-1. Os resultados também mostram que ocorreu uma diminuição do nível crítico de fósforo com o avanço da idade do eucalipto do quarto para o sexto mês, estando de acordo com as observações de Novais et al. (1982) e Neves (1983). Os autores explicam que o fósforo é de baixa mobilidade no solo e a capacidade das plantas em absorver este nutriente aumenta com a idade, em função do crescimento do sistema radicular, que explora um maior volume de solo e conseqüentemente consegue absorver mais fósforo.

Os resultados encontrados neste trabalho indicam que o nível crítico de P no solo é superior nos solos arenosos do que no argiloso, concor-

dando com os relatados na literatura. Neves (1983), ao estudar os níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto, constatou que os valores decresceram com o aumento da capacidade tampão dos solos, refletidas pelas características físicas e químicas dos mesmos. Nos solos arenosos, o valor máximo encontrado para o extrator Mehlich-1 foi de 24 mg P dm^{-3} contra 12 mg P dm^{-3} para os solos argilosos. Gonçalves et al. (1986) também observaram que os níveis críticos de fósforo para mudas de *E. grandis* foram menores no solo argiloso (valor mínimo de 60 mg dm^{-3}) do que no arenoso (valor máximo de 100 mg dm^{-3} de P), ao utilizarem os extratores Mehlich-1, Bray-1 e Bray-2.

Observa-se na Figura 6 que, em quase todos os solos, os teores de fósforo nas folhas aumentaram com as doses crescentes de fósforo aplicadas, confirmadas pelas análises de regressão. Valeri et al. (1993) constataram que árvores de *E. grandis* com 2,5 anos de idade não apresentaram

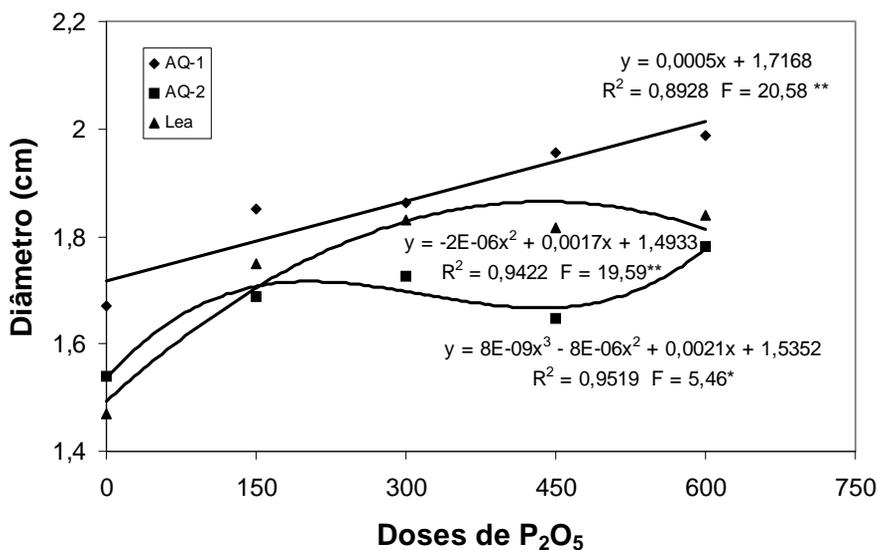


Figura 5

Equações de regressão estimadoras do diâmetro (\hat{y}) do caule das plantas de *Eucalyptus grandis* aos seis meses após o plantio, em função das doses de P_2O_5 (x) aplicadas nas areias quartzosas (AQ₁ e AQ₂) e no latossolo vermelho-escuro (LEa).

Regression equation of the stem diameter (\hat{y}) of Eucalyptus grandis at six months after planting in function of the applied P_2O_5 doses (x) in a quartzose sand soil (AQ₁ e AQ₂) and in a dark red latosoil (LEa).

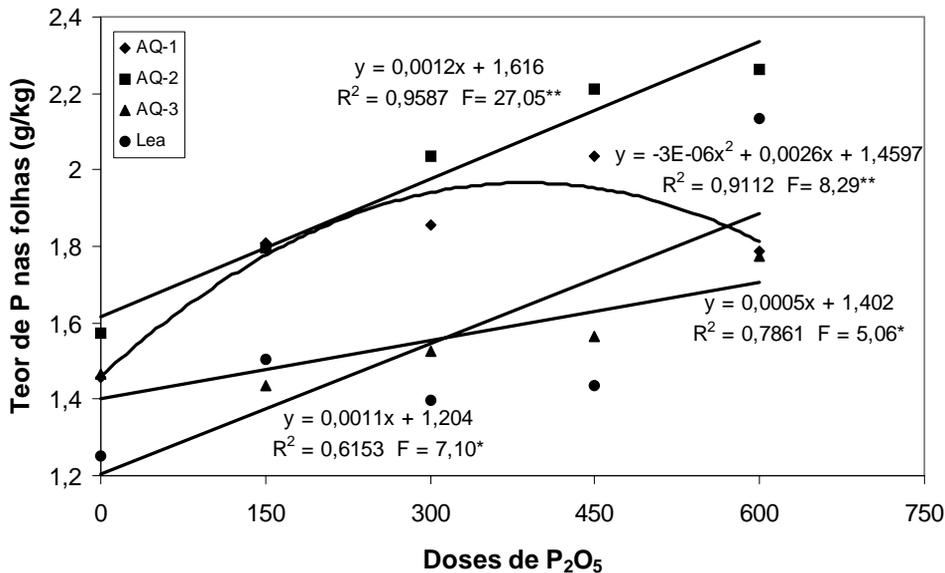


Figura 6

Equações de regressão estimadoras do teor de fósforo (\hat{y}) nas folhas das plantas de *Eucalyptus grandis* aos seis meses após o plantio, em função das doses de P_2O_5 (x) aplicadas nas areias quartzosas (AQ₁, AQ₂ e AQ₃) e no latossolo vermelho-escuro (LEa).

*Regression equation for the phosphorus content (\hat{y}) in the *Eucalyptus grandis* leaves at six months after planting in function of the applied P_2O_5 doses (x) in a quartzose sand soil (AQ₁, AQ₂ and AQ₃) and in a dark red latosol (LEa).*

aumento no teor de fósforo nas folhas em função das doses deste nutriente aplicadas no plantio, pois o solo deve ter apresentado uma quantidade razoável do nutriente inicialmente (31 mg dm⁻³ de P, extrator ácido sulfúrico 0,05N). Aos 7,5 anos, estes autores observaram um aumento linear dos teores de fósforo nas folhas, sendo que os teores médios em função dos tratamentos foram superiores a 1,3 g kg⁻¹. Nesta idade, o teor de P no solo variou de 8,33 a 11,9 mg dm⁻³ (extrator resina trocadora de íons), fazendo parte da classe de 7 a 15 mg dm⁻³ (método da resina) apresentada por Van Raij et al. (1985). Segundo estes autores, o teor de fósforo desta classe é baixo para os solos do Estado de São Paulo. Os resultados do presente trabalho e do trabalho de Valeri et al. (1993) indicam que a adubação fosfatada altera o teor de fósforo nas folhas de eucalipto

quando os teores do elemento no solo estão abaixo do nível crítico para o crescimento das árvores.

No presente trabalho, também ocorreram variações nos teores foliares em função do tipo de solo. No latossolo (LEa), como houve crescimento máximo em altura e diâmetro aos seis meses após o plantio, foram determinados os níveis críticos de fósforo nas folhas para estes dois parâmetros. Para isso, foram substituídas as doses de 201 e 127,6 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , recomendáveis para a obtenção de 90 % dos valores máximos de altura e diâmetro, respectivamente, nas equações de regressão ajustadas entre os teores de fósforo nas folhas e doses aplicadas. Desta maneira, foram obtidos os níveis críticos de fósforo nas folhas de 1,43 e 1,35 g kg⁻¹ de P, respectivamente, para a altura e diâmetro.

CONCLUSÕES

Nas areias quartzosas (AQ₁, AQ₂ e AQ₃), a altura da planta e o diâmetro do caule aumentaram linearmente com a elevação das doses aplicadas de fósforo. Na dose máxima, o teor de fósforo foi de 49 mg P dm⁻³ no solo AQ₂, de 25 mg P dm⁻³ no AQ₁ e de 47 mg P dm⁻³ no solo AQ₃, com o uso do extrator resina.

No latossolo (LEa), os níveis críticos de fósforo para o crescimento em altura das plantas foram de 8 mg P dm⁻³ para o extrator Mehlich-1

e de 13 mg P dm⁻³ para a resina, e para o diâmetro do caule foram de 6 mg P dm⁻³ para o extrator Mehlich-1 e de 10 mg P dm⁻³ para a resina, ambos os parâmetros das plantas aos seis meses após o plantio.

No latossolo (LEa), as doses recomendáveis proporcionaram a obtenção de níveis críticos de fósforo nas folhas de 1,43 e 1,35 g kg⁻¹ de P, respectivamente, para o crescimento em altura e diâmetro das plantas aos seis meses após o plantio.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

JOÃO JOSÉ ISMAEL, Engenheiro Agrônomo, Mestre pelo curso de Agronomia, Área de Concentração Produção Vegetal da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal - SP - bolsista da FAPESP
SÉRGIO VALIENGO VALERI, Engenheiro Florestal, Doutor, professor adjunto de Silvicultura do Departamento de Horticultura da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal - SP

LENINE CORRADINI, Engenheiro Agrônomo do Departamento de Planejamento e Pesquisa Florestal da CELPAV - VCP - Luiz Antonio, durante a fase de planejamento e condução dos experimentos, de 1992 a 1993

SILVIO FERNANDES ALVARENGA, Engenheiro Florestal, responsável pela instalação e condução dos experimentos em áreas da CELPAV - VCP - Luiz Antonio

CELINA FERRAZ DO VALLE, Engenheira Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Coordena-

dora de Pesquisa Florestal da CELPAV - VCP - Luiz Antonio

MANOEL EVARISTO FERREIRA, Engenheiro Agrônomo, Doutor, professor titular de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal - SP

DAVID ARIIVALDO BANZATTO, Engenheiro Agrônomo, Doutor, professor adjunto de Experimentação Agrícola do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal - SP

Agradecimento ao convênio CELPAV - VCP - Luiz Antonio / Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia - FUNEP, pelos recursos financeiros para realização deste trabalho e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V.H. et al. Avaliação da fertilidade do solo: metodologia. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 1, Viçosa, 1988. *Resumos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1988. p.68-69.

AMER, F. et al. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin absorption and P³² equilibration. *Plant soil*, n.6, p.391-407, 1955.

- BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RIBEIRO, A.C.; NOVAIS, R.F. Sensibilidade de extratores químicos à capacidade tampão de fósforo. *Revista brasileira de ciência do solo*, n.7, p.221-226, 1983.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus* spp. *Revista árvore*, v.6, p.1, p.38-44, 1982.
- BELLOTE, A.F.J. *Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo Eucalyptus grandis (Hill ex Maiden) em função da idade*. Piracicaba, 1979. 129p. Tese (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- GONÇALVES, J.L.M. et al. Cinética de absorção de fósforo em solos de cerrado. *Revista brasileira de ciência do solo*, n.9, p.107-111, 1987.
- GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e na ausência da calagem. *Revista árvore*, v.10, n.1, p.91-104, 1986.
- HAAG, H.P.; SARRUGE, H.P.; OLIVEIRA, D.G.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A. Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. *IPEF*, n.13, p.99-116, 1976.
- MUNIZ, A.S. *Disponibilidade de fósforo avaliada por extratores químicos e pelo crescimento de soja (Glycine max (L.) Merrill) em amostras de solo com diferentes valores do fator capacidade*. Viçosa: UFV, 1983. 70p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- NELSON, W.L., MEHLICH, A., WINTERS, E. The development evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In: PIERRE, W.H.; NORMAN, A.G. *Soil fertilizer phosphorus*. New York: Academic Press, 1953. p.153-188.
- NEVES, J.C.L. *Aspectos nutricionais em mudas de Eucalyptus spp: tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo*. Viçosa, 1983. 87p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Interpretação de análise do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* sp: níveis críticos de implantação e manutenção. *Revista árvore*, v.10, n.1, p.105-111, 1986.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. *Relação solo-eucalipto*. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.25-98.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. *Revista árvore*, v.6, n.1, p.29-37, 1982.
- VALERI, S.V.; AGUIAR, I.B.; CORRADINI, L. Composição química foliar e crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivado em Areia Quartzosa, em resposta à aplicação de fósforo e calcário dolomítico. *IPEF*, n.46, p.63-75, 1993.
- VAN RAIJ, B. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.
- VAN RAIJ, B. et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 1-42. (Boletim Técnico, 100)

• **TRABALHOS DE PESQUISA** • EFEITO DA CAMADA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NA COMPACTAÇÃO DO SOLO CAUSADA PELO TRANSPORTE PRIMÁRIO DA MADEIRA. • *FERNANDO SEIXAS; EZÉR DIAS DE OLIVEIRA JÚNIOR; CÍNTIA RODRIGUES DE SOUZA* • CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA RADICULAR EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTOS PROPAGADOS POR SEMENTES E ESTACAS. • *SÉRGIO LUÍS DE MIRANDA MELLO; JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES; LUIS EUGÊNIO GONÇALVES DE OLIVEIRA* • NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO NO SOLO E NAS FOLHAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE *EUCALYPTUS GRANDIS* HILL EX MAIDEN, EM QUATRO TIPOS DE SOLOS. • *JOÃO JOSÉ ISMAEL; SÉRGIO VALIENGO VALERI; LENINE CORRADINI; SILVIO FERNANDES ALVARENGA; CELINA FERRAZ DO VALLE; MANOEL EVARISTO FERREIRA; DAVID ARIIVALDO BANZATTO* • ADIÇÃO DE NUTRIENTES AO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL DO TIPO “CULTIVO EM ALÉIAS” E EM CERRADO NA REGIÃO DE BOTUCATU, SP. • *ÁLVARO LUIZ MAFRA; ANDREAS ATILA DE WOLINSK MIKLÓS; HUGO LUIZ VOCURCA; ALEXANDRE HUMBERTO HARKALY; EDUARDO MENDOZA* • VARIAÇÃO GENÉTICA DE INDICADORES DE TENSÃO DE CRESCIMENTO EM CLONES DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA*. • *LOTHAR SCHACHT; JOSÉ NIVALDO GARCIA; ROLAND VENCOVSKY* • ESTABILIDADE DIMENSIONAL DO COMPENSADO UTILIZANDO RESINA DE ALTA REATIVIDADE. • *DIMAS AGOSTINHO DA SILVA; IVAN TOMASELLI; SETSUO IWAKIRI* • DURABILIDADE NATURAL DE 46 ESPÉCIES DE MADEIRA AMAZÔNICA EM CONTATO COM O SOLO EM AMBIENTE FLORESTAL. • *MARIA APARECIDA DE JESUS; JOSÉ WELLINGTON DE MORAIS; R. LIÉGE SOUZA DE ABREU; MARIA DE FÁTIMA C. CARDIAS* • ESTIMATIVAS E TESTES DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DIAMÉTRICA PARA *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS*, ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO S_B , POR DIFERENTES MÉTODOS DE AJUSTE. • *JOSÉ ROBERTO S. SCOLFORO; AGUINALDO THIERSCHI* • AVALIAÇÃO DE IMAGENS-ÍNDICE E IMAGENS-PROPORÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DE PLANTIOS FLORESTAIS DESFOLHADOS POR GEADAS E PELO ATAQUE DE INSETOS. • *FLÁVIO JORGE PONZONI* • COMPARANDO TRÊS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM: MÉTODOS DE DISTÂNCIAS, CONTAGEM DE QUADRATS E CONGLOMERADO ADAPTATIVO. • *ILKA AFONSO REIS; RENATO MARTINS ASSUNÇÃO* • PROGRAMAS EDUCATIVOS COM FLORA E FAUNA (EXPRESSIONES DA BIODIVERSIDADE) E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL. • *JOÃO LUIZ PEGORARO; MARCOS SORRENTINO* • **COMUNICAÇÕES** • ZONEAMENTO ECOLÓGICO DAS BACIAS DO PARANÁ E ALTO PARAGUAI (MS) PARA *EUTERPE EDULIS* MART. • *OMAR DANIEL; SILVIO NOLASCO OLIVEIRA NETO*