

Produção e características químicas da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva

Production and chemical characteristics of young *Eucalyptus grandis* wood progenies as affected by potassium rates in the nutrient solution

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
Eurípedes Malavolta

RESUMO: O estudo teve por objetivo determinar os efeitos do potássio e de progênies de *Eucalyptus grandis* na produção de lenho, na concentração e na quantidade de holocelulose, lignina e extrativos. Foram utilizadas 4 progênies de *Eucalyptus grandis*, sendo duas consideradas não responsivas (progênies 1 e 4) e duas responsivas à aplicação de K (progênies 2 e 3) conforme resultados experimentais nas condições de campo. As plantas foram cultivadas até 67 dias após o transplante em solução nutritiva completa, contendo 175,5 mg de K L⁻¹. A partir dessa idade, iniciou-se o cultivo das progênies em quatro doses de K (0; 58,5; 175,5 e 526,5 mg L⁻¹). As soluções nutritivas foram trocadas quinzenalmente. Aos 10 meses de cultivo nas doses de K, coletou-se o caule das plantas, separando-o em lenho e casca. Fez-se, também, amostragem das folhas diagnóstico (5ª e 6ª folhas a partir do ápice dos ramos). As partes da planta foram levadas para secagem em estufa até atingir peso constante, visando determinar a matéria seca lenhosa e a concentração de N, P, K, Ca e Mg. Nas folhas diagnóstico, fez-se, também, a determinação da concentração de açúcares solúveis totais. Nas condições experimentais, as principais conclusões foram que, para a produção de lenho, os materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* responderam de forma diferenciada à aplicação de potássio, sendo as progênies 2 e 3 responsivas em relação às progênies 1 e 4. As progênies diferiram quanto à faixa adequada de potássio nas folhas. O nível crítico de K nas folhas das progênies 3, 2 e 4 foi de (g kg⁻¹): 6,4; 4,2 e 3,1. Para a progênie 1 não foi possível definir o nível crítico. A adição de potássio aumentou a concentração de holocelulose nas progênies 1 e 2. As progênies tiveram comportamentos diferentes para a quantidade de holocelulose em função da dose de K. A progênie 3 foi mais responsiva em quantidade produzida de holocelulose com o aumento da dose de K na solução nutritiva. Menores concentrações de açúcares solúveis totais nas folhas diagnóstico das progênies 1 e 2 estavam associadas a maiores concentrações de holocelulose no lenho à medida que se aumentava a dose de K na solução nutritiva.

PALAVRAS-CHAVE: Potássio, *Eucalyptus grandis*, Nutrição mineral, Holocelulose, Lignina, Extrativos

ABSTRACT: The purpose of this study was to determine the effects of potassium in *Eucalyptus grandis* progenies on xylem production, concentration and quantity of holocellulose, lignin, and extractives. According to experimental results under field conditions, progenies 1 and 4 were

considered not responsive and progenies 2 and 3 were responsive to potassium application. Plants were cultivated for 67 days transplanted in a complete nutrient solution containing 175.5 mg of $K L^{-1}$. After this period, the cultivation of progenies was started in four potassium doses (0; 58.5; 175.5, and 526.5 mg L^{-1}). The nutrient solutions were replaced biweekly. After 10 months of cultivation in potassium doses, plant stems were collected and wood and bark were separated. Diagnostic leaves was also sampled (5th and 6th leaves from the branch's apex). Samples were then oven-dried until weight became constant, to determine the dry xylem matter and concentrations of N, P, K, Ca, and Mg. Diagnostic leaves were used to determine the total soluble sugar concentration. Under experimental conditions, the main conclusions were the following: for xylem production, genetic materials of *Eucalyptus grandis* responded differently to potassium application: progenies 2 and 3 were responsive compared to progenies 1 and 4. Progenies differed in the adequate level of potassium in the leaves. The critical level of K in the leaves for progenies 3, 2, and 4 were respectively 6.4, 4.2, and 3.1 (g kg^{-1}). Genetic materials produced diverse responses to holocellulose concentration in the xylem in function of potassium doses. It was not possible to define the critical level for progeny 1. The addition of potassium raised holocellulose concentrations in progenies 1 and 2. The quantity of holocellulose in the progenies was different for potassium doses applied. Progeny 3 was more responsive to the quantity of holocellulose produced with the increase of potassium dose. Lower concentrations of total soluble sugar in diagnostic leaves were associated to higher concentrations of holocellulose in the xylem, increasing the potassium dose in nutrient solution for progenies 1 and 2.

KEYWORDS: Potassium, *Eucalyptus grandis*, Mineral nutrition, Holocellulose, Lignin, Extractives

INTRODUÇÃO

O potássio tem sido um dos nutrientes que mais têm limitado a produtividade do *Eucalyptus* no Estado de São Paulo, conforme levantamentos nutricionais realizados nas regiões de Angatuba, Capão Bonito, Casa Branca, Itatinga, Itirapina, Mogi Guaçu e Lençóis Paulista (Bellote e Ferreira, 1993; Silveira et al., 1995a; 1995b; 1998 e 1999). Independentemente do material genético, todas as florestas avaliadas na região de Itatinga apresentavam deficiência de K, de tal modo que a aplicação de potássio constituiu-se numa das principais medidas para os aumentos de produtividade. As respostas à adubação potássica podem atingir valores de até 118% conforme constatado por Gava (1997) em florestas de *E. grandis* em 2ª rotação.

Embora os estudos mostrem que a adubação potássica promove ganhos de produtividade, pouco se conhece sobre os seus efeitos nas características químicas da madeira de *Eucalyptus*. A maioria dos trabalhos mostra o efeito da aplicação conjunta de NPK sobre a quantidade e a qualidade da celulose produzida em espécies florestais de clima temperado

(Siddiqui, 1972), de calcário dolomítico ou conjunta de NPS em *Eucalyptus* (Andrade et al., 1994; Jian Ju et al., 1998; Sgarbi et al., 1999) e de NPK ou isolada de N e de P em *Pinus* (Malavolta et al., 1966; Siddiqui, 1972; Downes e Turvey, 1986). Portanto, esses estudos tiveram como objetivo verificar o efeito da aplicação de NPK ou de fertilizantes nitrogenados, sem a preocupação de determinar os efeitos isolados ou as interações entre os nutrientes sobre as propriedades químicas da madeira. Então, não se tem uma avaliação concreta da influência do potássio na produtividade de celulose.

O objetivo do presente estudo foi determinar os efeitos do potássio e de progênies de *E. grandis* sobre a produção de lenho, a concentração e a quantidade de holocelulose, extrativos e lignina.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

O experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior

de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

Escolha das progênies

As progênies de *Eucalyptus grandis*, origem Coff's Harbour, utilizadas foram provenientes do pomar de semente clonal, de 2ª geração, da Companhia Suzano de Papel e Celulose. Foram escolhidas 2 progênies consideradas não responsivas (Progênies 1 e 4) e 2 progênies responsivas à adubação potássica (Progênies 2 e 3) com base nos resultados dos experimentos de adubação da empresa, localizados na região de Itatinga, SP, em solo Areia Quartzosa, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro.

Produção de mudas

As mudas produzidas em tubete de polipropileno de 50 mL, contendo substrato "Plantmax", foram fertirrigadas diariamente, dos 60 aos 90 dias, com a quantidade de 15 L de solução nutritiva por m² (192 tubetes por m²). A solução apresentava a seguinte concentração (mg L⁻¹): 210 de N, 31 de P, 234 de K, 200 de Ca, 48 de Mg, 64 de S, 0,5 de B, 0,1 de Cu, 3,0 de Fe, 1,0 de Mn e 0,2 de Zn (modificada de Sarruge, 1975). Quando as mudas atingiram 110 dias de idade, foram selecionadas e transplantadas para os baldes plásticos de 15 L, contendo sílica moída. Antes do transplante, as mudas tiveram suas raízes lavadas com água para eliminar os resíduos do substrato.

Cultivo das plantas em solução nutritiva

As mudas, transplantadas nos baldes, foram irrigadas, na primeira semana, com uma solução nutritiva contendo (mg L⁻¹): 42 de N, 6,2 de P, 46,8 de K, 40 de Ca, 9,6 de Mg, 12,8 de S, 0,1 de B, 0,02 de Cu, 0,8 de Fe, 0,2 de Mn e 0,04 de Zn. No período de 14 até os 67 dias de idade, as mudas foram irrigadas diariamente com uma solução nutritiva contendo (mg L⁻¹): 210 de N, 31 de P, 175 de K, 200 de Ca, 48 de Mg, 64 de S, 0,5 de B, 0,1 de Cu, 3,0 de Fe, 1,0 de Mn e 0,2 de Zn (modificada de Sarruge, 1975). A solução nutritiva foi renovada a cada 15 dias. Após esse período, foi realizada a lavagem do

substrato com água destilada para remover os nutrientes retidos na sílica. Em seguida, iniciou-se o cultivo das progênies em solução nutritiva contendo todos os nutrientes (N, P, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), com exceção do K, que foi testado nos níveis de (mg L⁻¹): 0, 58,5, 175,5 e 526,5 (Tabela 1). A avaliação de altura e diâmetro das mudas, realizada aos 3 meses após o cultivo em doses de K, mostrou que não havia diferença significativa entre a dose de 19,5 mg de K L⁻¹ e as doses de 58,5 e 175,5 mg de K L⁻¹. Diante dos resultados, optou-se, a partir dessa data, pelo cultivo das mudas na ausência de potássio em vez de 19,5 mg de K L⁻¹. As plantas eram irrigadas uma vez ao dia, no período da manhã. A drenagem das soluções era feita através de orifício no fundo de cada vaso, ligado com tubo plástico ao frasco coletor com capacidade de 1 litro. A renovação da solução foi feita a cada 15 dias, tomando-se o cuidado de verificar, diariamente, o nível da solução nos frascos coletores, completando o volume a um litro, pela adição de água destilada.

Tabela 1

Composição química das soluções nutritivas usadas nos tratamentos que fizeram parte do experimento (mL L⁻¹). (Chemical composition of nutrient solution used in the experiment (mL L⁻¹))

Soluções Estoque		Tratamentos (mg de K L ⁻¹)			
		0	58,5	175,5	526,5
Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	M ^A	5	5	5	5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	M	2	2	2	2
NH ₄ NO ₃	M	2	2	2	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	M	1	1	1	-
KCl	M	-	1,5	4,5	7,5
KNO ₃	M	-	-	-	5
KH ₂ PO ₄	M	-	-	-	1
Micronutrientes ^B		1	1	1	1
Fe-EDTAC		1	1	1	1

A - soluções molares; B - A solução de micronutrientes teve a seguinte composição (g L⁻¹): H₂BO₃ = 2,94; MnSO₄ · H₂O = 2,43; CuSO₄ · 5 H₂O = 0,07; ZnSO₄ · 7 H₂O = 0,21; H₂MoO₄ · 4 H₂O = 0,02; C - Foi dissolvido 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH, misturou-se 24,9 g de FeSO₄ · 7 H₂O. Arejou por uma noite e completou um litro com água destilada.

A composição das soluções nutritivas foi baseada em Sarruge (1975).

Análises químicas para a determinação da concentração de N, P, K, Ca e Mg

Aos 10 meses após início dos tratamentos, coletou-se o caule de todas as plantas, separando-o em lenho e casca. Amostraram-se também, folhas diagnóstico (5ª e 6ª folha a partir do ápice dos ramos) de todas as plantas, na quantidade de 8 folhas por planta. As amostras de folhas, lenho e casca foram reunidas formando uma amostra composta a cada 2 plantas. O lenho e as folhas diagnóstico foram submetidos a uma lavagem rápida com água destilada e postos para secagem ao ar livre, e, em seguida, foram colocados em sacos de papel e levados para secagem em estufa de ventilação forçada a uma temperatura média de 65° C até atingirem peso constante. Posteriormente, procedeu-se à moagem do material em moinho tipo Willey de acordo com as instruções de Malavolta et al. (1997). As amostras secas e moídas foram digeridas em ácido nítrico-perclórico (P, K, Ca e Mg) e sulfúrico (N) para a obtenção dos extratos, visando à determinação de N, P, K, Ca e Mg, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A determinação do P foi realizada pelo método da colorimetria de molibdato-vanadato; a do K por fotometria de chama; a do Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica. As determinações de nitrogênio foram feitas através do método micro Kjeldahl.

Análises químicas para a determinação da concentração de holocelulose, extrativos e lignina do lenho

Coletaram-se amostras de madeira contidas em três porções do caule: basal a 10 cm de altura, mediana e apical correspondente a 30% e 60% da altura total da planta. As amostras das porções de 2 plantas foram reunidas para formar uma amostra composta. Em seguida foram realizadas análises químicas da madeira contida no lenho das plantas, para quantificação dos teores de extrativos em álcool-tolueno,

álcool e água quente, lignina e holocelulose (celulose + hemicelulose). A determinação desses componentes foi feita de forma simultânea.

Pesou-se 1 g de serragem (mistura de lenho moído das porções basais, medianas e apicais) e transferiu-se para saquinhos de papel de filtro, colocando-se a amostra no corpo do extrator (Soxhlet). Em seguida, fez-se a extração com álcool-tolueno (1:2) e álcool 96° GL durante 8 horas em cada solvente, deixando a amostra secar na temperatura ambiente. Após a secagem, toda a serragem dos saquinhos foi transferida para Erlenmeyer de 250 mL, adicionando-se 100 mL de água destilada e colocando em banho-maria. Após 3 horas, filtrou-se todo o extrato através de cadinho sinterizado previamente pesado, transferindo toda a serragem do Erlenmeyer para cadinho. Posteriormente, lavou-se o cadinho com 250 mL de água quente (quase em ebulição), antes de levá-lo à estufa a temperatura de 103° ± 2° C, e mantê-lo até atingir peso constante. A percentagem de extrativos foi calculada pela expressão: %Extrativos = (1 - peso seco da serragem) x 100. Utilizando-se a mesma serragem da determinação dos extrativos, transferiu-a para copo de 50 mL, adicionando-se 15 mL de H₂SO₄ 72%. O copo foi mantido em banho de água a 18-20° C durante 2 horas. Em seguida, transferiu-se todo o material para Erlenmeyer de 1 litro, acrescentando 560 mL de água destilada. A solução em Erlenmeyer ficou em ebulição durante 4 horas, mantendo-se o nível de água mediante a adição periódica de água destilada. Após 4 horas, deixou-se a lignina sedimentar totalmente (durante 24 horas). No dia seguinte, filtrou-se em cadinho, transferindo toda a lignina do Erlenmeyer para o cadinho, sendo que o Erlenmeyer foi lavado várias vezes com água destilada quente (quase em ebulição). Logo após, lavou-se a lignina contida no cadinho com 250 mL de água destilada quente, levando-a para secagem em

estufa até atingir peso constante. A porcentagem de lignina foi calculada pela expressão: %Lignina = peso seco do resíduo x 100. A porcentagem de holocelulose foi determinada pela expressão: %Holocelulose = 100 - %Extrativos - %Lignina.

Análise química para a determinação de açúcares solúveis totais

As folhas diagnóstico, na quantidade de 200 mg, foram transferidas para Erlenmeyer de 100 mL, contendo 50 mL de água destilada e mantidas em banho-maria (60° C) durante 30 minutos. Em seguida, filtrou-se o extrato e completou o volume a 100 mL. Uma alíquota de 0,5 mL desse extrato foi transferida para tubo de ensaio, adicionando-se 0,5 mL de fenol 5 % e 2,5 mL de H₂SO₄ concentrado, sendo essa solução homogeneizada em agitador mecânico (Vortex) e deixada em repouso durante 20 minutos. Posteriormente, realizou-se a leitura em espectrofotômetro Varian a 490 nm, utilizando-se glicose p.a. como padrão. A metodologia descrita está baseada em Dubois et al. (1956).

Forma de análise dos resultados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4² (4 progênie de *Eucalyptus grandis* x 4 doses de K, com 5 repetições). Cada repetição foi composta de 2 plantas. Foram

feitas análises de variância para determinar o efeito das progênie, doses de K e a interação entre progênie e doses de K, teste de comparação de médias, correlações e regressões entre: a) doses de K na solução nutritiva e produção de lenho, concentração de holocelulose, lignina e extrativos da madeira; b) concentração de K nas folhas e concentração de holocelulose, lignina e extrativos da madeira; c) relação entre a razão de N/K, K/P, K/Ca, K/Mg nas folhas e a concentração de holocelulose na madeira.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Produção de lenho

A progênie 3 foi a que apresentou maior produção de lenho (Tabela 2). Sem levar em consideração os materiais genéticos, verificou-se que a maior produção de lenho foi encontrada nas plantas cultivadas na dose de K de 175,5 mg L⁻¹. Houve interação entre as doses e as progênie para a MS de lenho. Não houve diferença entre os materiais genéticos para a produção de lenho na ausência de potássio. Tanto na dose de 58,5 como na de 175,5 mg L⁻¹, a progênie 3 mostrou-se superior às demais. Na dose mais elevada de potássio, a progênie 4 apresentou menor MS de lenho, quando comparada com a progênie 3, que não diferiu das demais.

Tabela 2

Matéria seca do lenho das progênie de *Eucalyptus grandis* nas diferentes doses de potássio na solução nutritiva. (Dry xylem matter in *Eucalyptus grandis* progenies as affected by different potassium rates in the nutrient solution)

Material genético	K na solução (mg L ⁻¹)				Média
	0	58,5	175,5	526,5	
	Lenho (g/planta)				
Progênie 1	128 a A (100)	133 b A (104)	139 b A (108)	148 ab A (116)	137 b (101)
Progênie 2	124 a B (100)	139 b AB (112)	154 b A (124)	125 ab B (101)	135 b (100)
Progênie 3	131 a C (100)	179 a AB (137)	191 a A (146)	154 a BC (117)	164 a (121)
Progênie 4	152 a AB (126)	161 ab A (133)	161 b A (133)	121 b B (100)	149 a (110)
Média	134 C (100)	153 AB (117)	161 A (120)	137 BC (102)	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (minúscula na vertical e maiúscula na horizontal) pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; 1 - percentual em relação a menor produção de matéria seca para a dose de potássio dentro do fator progênie, 2 - percentual em relação a menor produção de matéria seca dentro do fator progênie; 3 - percentual em relação a menor produção de matéria seca dentro do fator dose de potássio

Em relação à produção de lenho, o comportamento apresentado pelas progênies 2 e 3 em função às doses de K foi parecido (Figura 1). Pelas equações de regressão, estimaram-se as máximas produções de lenho, a qual foi obtida com as doses 295,5 e 246,5 mg L⁻¹ para as progênies 3 e 2, respectivamente. Esses genótipos diferiram em relação aos ganhos de produtividade, uma vez que a progênie 3 apresentou diferença de 50%, quando se comparou a máxima produção com a obtida na ausência de potássio, enquanto a progênie 2, apenas 24%. Tais resultados corroboram com os relatados por Barros et al. (1981), Valeri et al. (1991), Galo (1993) e Gava (1997), os quais obtiveram aumentos na produtividade do *Eucalyptus* através da aplicação de potássio, em condições de cam-

po. O único diferencial entre esses resultados e os do presente trabalho está no ganho obtido com a adição de potássio. Os aumentos de produção em volume de madeira alcançados com a adubação potássica variaram de 67%, para *E. saligna* no cerrado de Minas Gerais (Barros et al., 1981) a 118% para *E. grandis* no sul do Estado de São Paulo (Gava, 1997). Portanto, os aumentos de produtividade nas condições de campo foram maiores que os obtidos para as progênies 2 e 3 neste estudo. A explicação para isto seria a diferença de idade entre as plantas do presente estudo (fase juvenil - 1 ano de idade) e as dos estudos de campo (5-7 anos), sendo que a maior exigência de potássio ocorre na fase adulta do *Eucalyptus* (Barros et al., 1990).

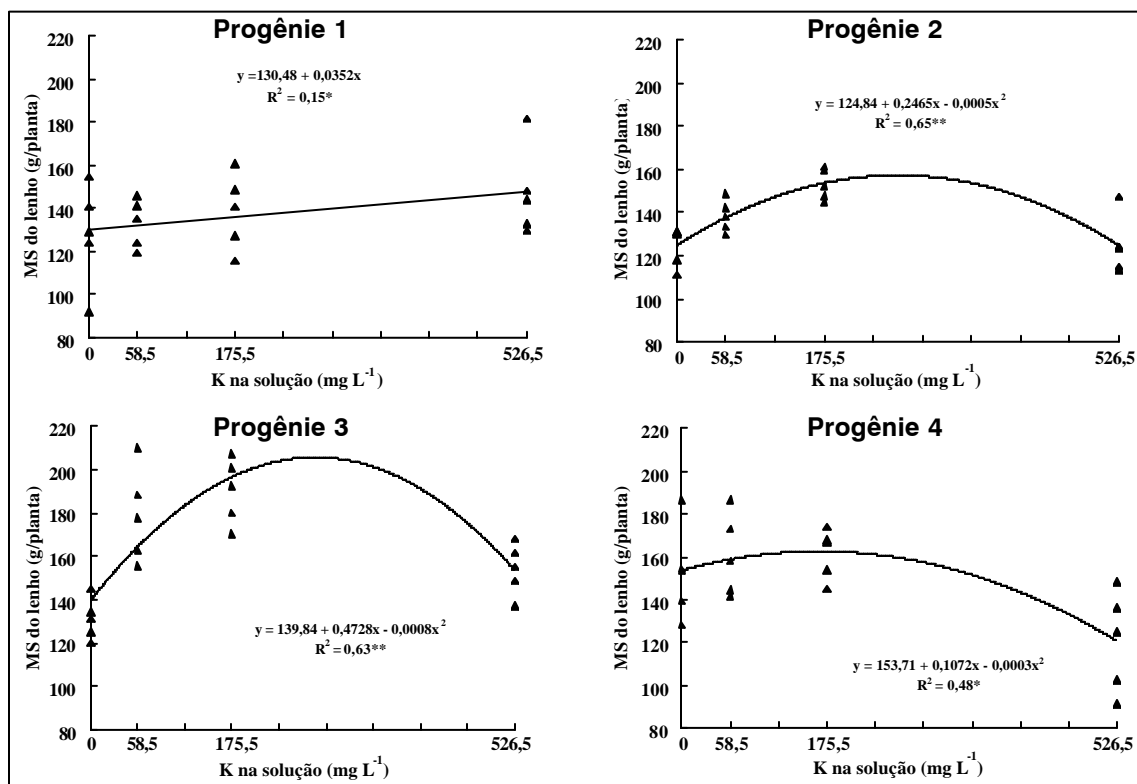


Figura 1

Produção de lenho pelas progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva. (Production of xylem by *Eucalyptus grandis* progenies as affected by potassium rates in the nutrient solution)

Ainda em termos de produção de MS lenhosa, a progênie 4 não foi considerada responsiva à adição de K até a dose de 178,7 mg L⁻¹, sendo que, acima desse nível, verificaram-se quedas acentuadas na produção (Figura 1). Para a progênie 1, não houveram grandes incrementos em MS lenhosa com o aumento da dose de K, mostrando que o genótipo apresenta alta estabilidade tanto em condições de carência como de excesso do nutriente.

As produções relativas de matéria seca lenhosa em função das doses de K são mostradas na Figura 2. Nota-se maior resposta da progênie 3 à aplicação de K em relação às demais.

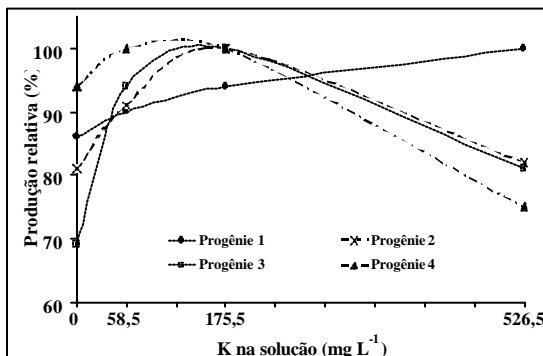


Figura 2

Produção relativa de lenho pelas progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva.

(Relative production of xylem by *Eucalyptus grandis* progenies as affected by potassium rates in the nutrient solution)

Relação entre a produção de lenho e a concentração de potássio nas folhas diagnóstico

Os materiais genéticos responderam de maneira diferenciada na produção de matéria seca lenhosa em função da variação das concentrações de K nas folhas diagnóstico (Figura 3). A progênie 1 apresentou pequena variação na produção, quando a concentração de K variou de 2 a 21 g kg⁻¹ de MS. Esse material genético foi considerado pouco exigente e tolerante a concentrações mais elevadas de K

no tecido foliar. Efeitos contrários foram observados para as progênies 2 e 3. A progênie 4 foi considerada de baixa exigência em K, mas não tolerante a altas concentrações foliares. Os resultados obtidos confirmaram as observações preliminares feitas em condições de campo, sendo as progênies 1 e 4 consideradas de baixa exigência em K, enquanto as progênies 2 e 3, exigentes (Shinitiro Oda - Comunicação Pessoal).

A máxima produção de matéria seca lenhosa para as progênies 2, 3 e 4 foi obtida quando as plantas apresentavam concentrações foliares de 9,5, 10,8 e 8,6 g de K kg⁻¹, respectivamente (Figura 3). O nível para obtenção de 90% da máxima produção foi bastante diferente entre os materiais genéticos, sendo de 6,4 g kg⁻¹ para a progênie 3, de 4,2 g kg⁻¹ para a progênie 2 e de 3,1 g kg⁻¹ para a progênie 4. A faixa adequada de K nas folhas diagnóstico das progênies 3, 2, 4 e 1 foram, respectivamente, de 6,4 a 15,3 g kg⁻¹, de 4,2 a 14,9 g kg⁻¹, de 3,1 a 14 g kg⁻¹ e de 2,0 a 22 g kg⁻¹. Comparando as faixas adequadas de K obtidas com as propostas como adequadas para espécies de *Eucalyptus*, constatou-se que os limites inferiores estavam bem abaixo dos encontrados em *E. grandis* - 12 a 24 g kg⁻¹ (Dell et al., 1995), *E. pellita* - 9 a 15 g kg⁻¹ (Dell et al., 1995), *E. urophylla* - 8 a 14 g kg⁻¹ (Boardman et al. (1997), *E. globulus* - 8 a 12 g kg⁻¹ (Boardman et al., 1997), *E. saligna* - 8,5 a 10 g kg⁻¹ (Silveira et al., 1998), *E. urophylla* - 8 a 14 g kg⁻¹ (Dell et al., 1995) e *E. dunnii* - 8 a 15 g kg⁻¹ (Boardman et al., 1997). No entanto, Novais et al. (1980) determinaram que a faixa adequada para mudas de *E. grandis* situava-se entre 3,1 a 8,1 g de K kg⁻¹, valores mais próximos aos encontrados neste estudo. Os valores de K considerados adequados para *E. pilularis* na fase juvenil (3,5 a 5,0 g kg⁻¹) por Cromer et al. (1981), *E. globulus* adulto (5 a 12 g kg⁻¹) e *E. grandis* adulto (6 a 18 g kg⁻¹) por Boardman et al. (1997) foram análogos aos obtidos no presente estudo.

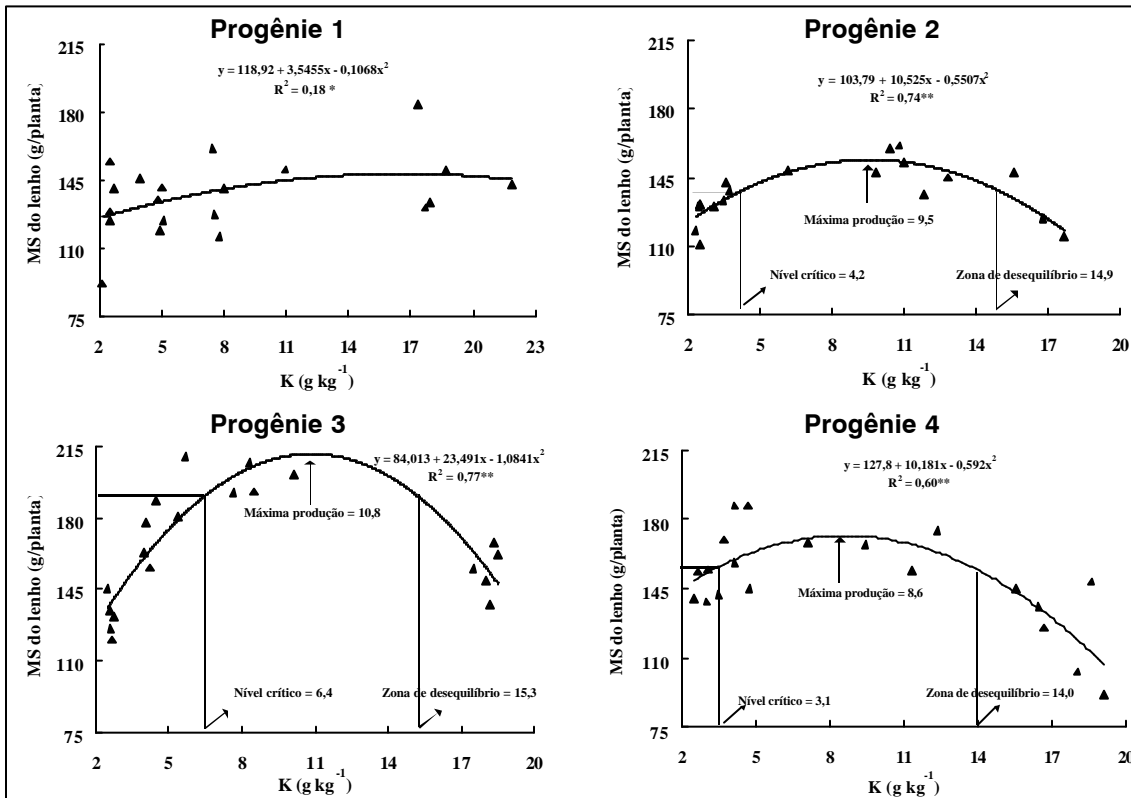


Figura 3

Produção de lenho pelas progênies de *Eucalyptus grandis* em função da concentração de potássio nas folhas diagnóstico. (Xylem production by *Eucalyptus grandis* progenies as affected by potassium concentration in diagnostic leaves)

Uma das explicações para as concentrações adequadas de K serem menores que as obtidas em outros trabalhos seria que as progênies provenientes da região de Itatinga, São Paulo, foram selecionadas em solos arenosos com baixos teores de K trocável ($0,2$ a $0,6$ $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Características químicas do lenho

Os resultados obtidos para a composição química do lenho em função das doses de K são apresentados na Tabela 3. Houve interação entre as doses de K e as progênies para todos os parâmetros químicos analisados. Para a concentração de holocelulose no lenho, ocorreram diferenças entre os materiais genéticos em todas as doses de K. Ao comparar os genótipos na ausência e na dose de $58,5$ mg L^{-1} , constatou-se que as progênies 1 e 2 apresentavam

menores concentrações de holocelulose em relação às progênies 3 e 4. Mas a dose de $175,5$ mg L^{-1} promoveu incrementos na concentração de holocelulose na progênie 2, fazendo com que, juntamente com a progênie 3, esses materiais fossem superiores em relação aos outros. Na dose mais alta de K, a progênie 1 também apresentou menor concentração de holocelulose, diferindo estatisticamente das demais. Independente do genótipo, os resultados mostraram um aumento da concentração de holocelulose com a adição de K na solução nutritiva até a dose de $175,5$ mg L^{-1} . O uso de $175,5$ mg de K L^{-1} na solução proporcionou ganhos médios em holocelulose de $2,3\%$ em relação à testemunha.

Para a concentração de lignina no lenho, as progênies não diferiram apenas na dose de 175,5 mg L⁻¹ (Tabela 3). Na falta e na dose de 58,5 mg L⁻¹, verificou-se inferioridade da progênie 4 em relação às demais. Na maior dose de K, a concentração mais elevada de lignina ocorreu na progênie 2.

Em todas as doses de K, ocorreram diferenças significativas entre os materiais genéticos para a concentração de extrativos na madeira (Tabela 3). A progênie 3 apresentou menor concentração de extrativos em relação às demais, quando cultivada na ausência de potássio. Na dose de 58,5 mg L⁻¹, a maior concentração de extrativos foi verificada na progênie 1, a qual diferiu das progênies 3 e 4. Na dose de 175,5 mg L⁻¹, houve diferença entre a progê-

nie 1 e as progênies 2 e 3, com concentração mais alta na primeira. A progênie 2, quando cultivada na dose mais elevada de K, apresentou queda na concentração de extrativos, fazendo com que esta tivesse menor concentração quando confrontada com as outras.

A aplicação de N e K em *Gmelina arborea* promoveu aumentos na concentração de extrativos da madeira (Ogbonnaya, 1994), bem como a aplicação isolada de N, P, ou conjunta de NP e NPK em *E. urophylla* (Jian Ju et al., 1998). Estes efeitos foram contrários aos obtidos com a fertilização potássica neste trabalho.

Analisando as equações de regressão, verificou-se que os efeitos da aplicação de K sobre a concentração de extrativos e holocelulose

Tabela 3

Concentração de holocelulose, lignina e extrativos no lenho das progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva.

(Holocellulose, lignin, and extractives concentration in the xylem of *Eucalyptus grandis* progenies as affected by potassium rates in the nutrient solution)

Material genético	K na solução (mg L ⁻¹)				Média
	0	58,5	175,5	526,5	
Holocelulose (g kg⁻¹)					
Progênie 1	697 b B	697 b B	705 c A	712 b A	702,7 c
Progênie 2	688 b B	702 b B	738 a A	736 a A	716,5 b
Progênie 3	739 a AB	720 a B	744 a A	728 a AB	732,7 a
Progênie 4	722 a A	721 a A	722 b A	727 a A	723,0 b
Média	711,5 B	710,0 B	727,7 A	725,7 A	
Lignina (g kg⁻¹)					
Progênie 1	216 ab B	217 a B	221 a A	214 b B	217,0 c
Progênie 2	224 a AB	221 a B	224 a AB	233 a A	226,0 a
Progênie 3	223 a A	222 a A	221 a A	217 b A	220,5 b
Progênie 4	211 b A	210 b A	219 a A	210 b A	212,5 c
Média	218,5 AB	217,5 B	221,2 A	218,5 AB	
Extrativos (g kg⁻¹)					
Progênie 1	87 a A	86 a A	74 a B	74 a B	80,2 a
Progênie 2	88 a A	77 ab A	42 bc B	31 b B	59,5 b
Progênie 3	38 b A	58 c A	35 c A	55 a A	46,5 c
Progênie 4	67 a A	69 bc A	59 ab A	63 a A	64,2 c
Média	70,0 A	72,5 A	52,5 B	55,7 B	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (minúscula na vertical e maiúscula na horizontal) pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

foram mais consistentes nas progênies 1 e 2 (Figura 4). Ocorreram acréscimos lineares na concentração de holocelulose com o fornecimento de potássio às plantas, sendo inversa a relação observada para os extrativos. A maior dose de K proporcionou aumentos na concentração de holocelulose de 6,2% na progênie 2 e 2,3% na progênie 1. No entanto, na progênie 2, apesar dos aumentos na concentração de holocelulose, a aplicação de 526,5 mg L⁻¹ provocou queda de 23% na quantidade de lenho em relação à dose de 175,5 mg L⁻¹, resultando em menor produção de holocelulose por árvo-

re. Portanto, deve-se analisar os aumentos na concentração de holocelulose conjuntamente com a produção de matéria seca do lenho.

Através das equações de regressão, estimou-se que a máxima concentração de lignina nas progênies 1 e 4 ocorreu quando a dose de K foi de 256 e 354 mg L⁻¹, respectivamente (Figura 5). Para a progênie 2, a concentração de lignina apresentou incrementos lineares com o aumento das doses de K e efeitos contrários foram verificados para a progênie 3. Resultados similares aos encontrados para a progênie 3, foram verificados com a aplicação de N e P

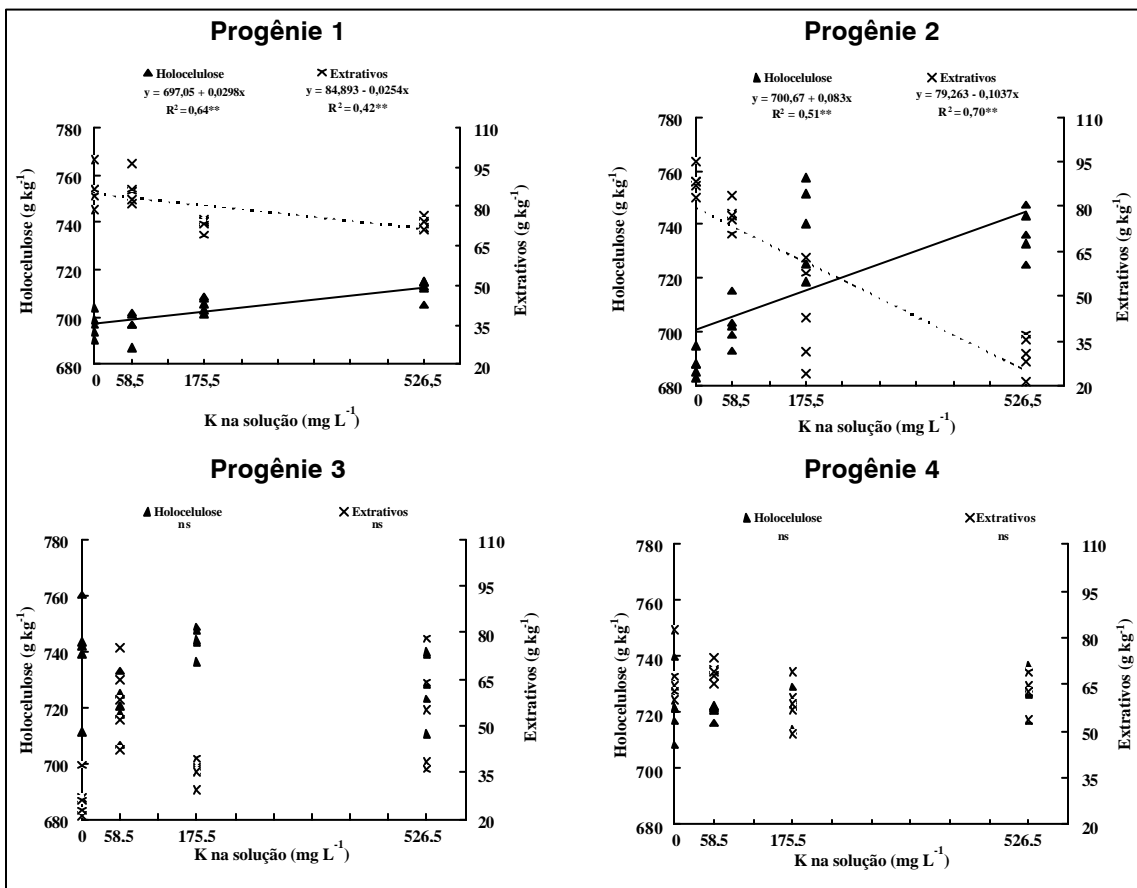


Figura 4

Relação entre as concentrações de holocelulose e extrativos no lenho das progênies de *Eucalyptus grandis* e as doses de potássio na solução nutritiva.

(Relationship between concentrations of holocellulose and extractives in the xylem of *Eucalyptus grandis* progenies and potassium rates in the nutrient solution)

em *Pinus radiata* (Downes e Turvey, 1986). Um dos estudos envolvendo os efeitos das deficiências nutricionais sobre a composição química da madeira foi realizado por Sgarbi et al. (1999), os quais verificaram que a deficiência de Ca reduziu o teor de lignina do lenho em híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, enquanto que a carência de K não afetou o teor de lignina quando comparado ao tratamento completo.

Multiplicando-se a concentração de holocelulose, lignina e extrativos do lenho pela produção de matéria seca do lenho, obteve-se a quantidade produzida dos respectivos parâmetros químicos (Tabela 4). As análises de variância mostraram interações entre as progênies e as doses de K para a quantidade de

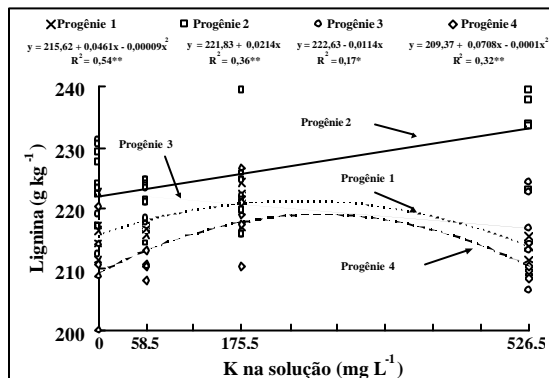


Figura 5

Relação entre as concentrações de lignina no lenho das progênies de *Eucalyptus grandis* e as doses de potássio na solução nutritiva.

(Relationship between concentrations of lignin in the xylem of *Eucalyptus grandis* progenies and potassium rates in the nutrient solution)

Tabela 4

Quantidade de holocelulose, lignina e extrativos no lenho das progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva.

(Holocellulose, lignin, and extractives content in the xylem of *Eucalyptus grandis* progenies as affected by potassium rates in the nutrient solution)

Material genético	K na solução (mg L ⁻¹)				Média
	0	58,5	175,5	526,5	
Holocelulose (g/planta)					
Progênie 1	89,2 ab A (100) ¹	92,9 c A (104)	98,2 c A (110)	105,5 ab A (118)	96,4 c (100) ²
Progênie 2	85,5 b B (100)	97,3 bc B (114)	113,6 bc A (133)	91,9 ab B (107)	97,1 c (101)
Progênie 3	97,1 ab C (100)	128,8 a AB (133)	141,5 a A (146)	112,3 a BC (116)	119,9 a (124)
Progênie 4	110,2 a AB (126)	115,9 ab A (132)	116,8 b A (133)	87,7 b B (100)	107,6 b (112)
Média	95,5 C (100) ³	108,7 AB (114)	117,5 A (123)	99,3 BC (104)	
Lignina (g/planta)					
Progênie 1	27,7 a A (100)	28,9 b A (104)	30,8 b A (111)	31,7 ab A (114)	29,8 b (100)
Progênie 2	27,8 a B (100)	30,6 b B (110)	34,5 b A (124)	29,2 b B (105)	30,5 b (102)
Progênie 3	29,2 a B (100)	39,5 a A (135)	42,0 a A (144)	33,4 a B (114)	36,0 a (121)
Progênie 4	32,1 a AB (126)	33,9 ab A (133)	35,4 b A (139)	25,4 b B (100)	31,7 b (106)
Média	29,2 B (100)	33,2 A (114)	35,7 A (122)	29,9 B (102)	
Extrativos (g/planta)					
Progênie 1	11,2 a A (110)	11,5 a A (113)	10,2 a A (100)	11,1 a A (109)	11,0 a (145)
Progênie 2	11,0 a A (289)	10,6 a A (279)	6,5 b B (171)	3,8 b B (100)	8,0 bc (105)
Progênie 3	4,9 b B (100)	10,6 a A (216)	6,7 b AB (137)	8,4 a AB (171)	7,6 c (100)
Progênie 4	10,2 a AB (134)	11,1 a A (146)	9,4 ab AB (124)	7,6 a B (100)	9,6 ab (126)
Média	9,3 AB (121)	10,9 A (141)	8,2 B (106)	7,7 B (100)	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (minúscula na vertical e maiúscula na horizontal) pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. 1 - percentual em relação a menor quantidade de celulose, lignina e extrativos para a dose de potássio dentro do fator progênie; 2 - percentual em relação a menor quantidade de celulose, lignina e extrativos para o fator progênie; 3 - percentual em relação a menor quantidade de celulose, lignina e extrativos para o fator dose de potássio

holocelulose, lignina e extrativos no lenho. Na falta de potássio, a progênie 4 apresentou maior quantidade de holocelulose no lenho, quando comparada com a progênie 2. Nas doses de 58,5 e 175,5 mg L⁻¹, a maior produção de holocelulose foi encontrada na progênie 3, a qual diferiu das progênies 1 e 2. Na dose mais elevada, a única diferença constatada foi que a progênie 3 produziu mais holocelulose que a progênie 4. A aplicação de 175,5 mg de K L⁻¹ promoveu aumentos na produção de celulose de 33% na progênie 2 e 46% na progênie 3. A mesma tendência foi observada na progênie 1, com ganhos de 18% com a aplicação de 526,5 mg de K L⁻¹ em relação à testemunha. Na progênie 4, o aumento na quantidade de holocelulose proporcionada com a aplicação de 175,5 mg L⁻¹ em relação a testemunha foi de apenas 7%.

A maior quantidade de holocelulose com o aumento da dose de K, principalmente até 175,5 mg de K L⁻¹, poderia ser explicada pela maior taxa fotossintética das plantas associada a um maior transporte de carboidratos das folhas para o lenho, uma vez que o potássio está envolvido em ambos os processos (Mengel e Kirkby, 1978; Malavolta, 1980; Pretty, 1982 e Marschner, 1995).

A análise da Tabela 5 mostra correlações positivas entre a concentração de holocelulose e a concentração de K, tanto nas folhas diagnóstico como no lenho, para as progênies 1 e 2. Verificaram-se, ainda, correlações negativas entre a concentração de holocelulose e a de Ca para ambas as progênies, porém, somente nas folhas diagnóstico. Para o Mg, aumentando-se as concentrações, tanto nas folhas como no lenho, ocorreram decréscimos nas concentrações de holocelulose das progênies 1 e 2.

Tabela 5

Coeficientes de correlações de Pearson entre a concentração dos macronutrientes nas folhas diagnóstico e no lenho e a concentração de holocelulose, lignina e extrativos no lenho nas progênies de *Eucalyptus grandis*. (Pearson correlation coefficients between concentration of macronutrients in diagnostic leaves and xylem, and concentration of holocellulose, lignin, and extractives in the xylem of *Eucalyptus grandis* progenies)

Material genético	N		P		K		Ca		Mg	
	FD ¹	L ²	FD	L	FD	L	FD	L	FD	L
Holocelulose										
Progênie 1	ns	ns	ns	ns	0,80**	0,78**	-0,71**	ns	-0,71**	-0,63**
Progênie 2	ns	ns	ns	ns	0,83**	0,82**	-0,63**	ns	-0,67**	-0,51**
Progênie 3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Progênie 4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Todos	ns	ns	ns	ns	0,34**	0,32**	-0,35**	ns	ns	-0,32**
Lignina										
Progênie 1	ns	0,65**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Progênie 2	-0,55**	ns	ns	ns	0,55**	0,49**	ns	ns	-0,44**	ns
Progênie 3	ns	ns	ns	ns	-0,39**	-0,39**	0,50*	0,55**	ns	0,54**
Progênie 4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Todos	-0,27*	ns	-0,27*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Extrativos										
Progênie 1	ns	ns	ns	ns	-0,61**	-0,79**	0,75**	ns	0,78**	0,58**
Progênie 2	ns	ns	ns	ns	-0,91**	-0,89**	0,71**	ns	0,71**	0,49**
Progênie 3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Progênie 4	ns	0,59**	ns	ns	-0,42**	-0,41**	ns	ns	ns	ns
Todos	ns	ns	ns	ns	-0,30**	-0,33**	0,32**	ns	ns	ns

1 - folha diagnóstico; 2 - lenho; ** - significativo a 1 % de probabilidade; * - significativo a 5 % de probabilidade; ns - não significativo.

Observaram-se decréscimos na concentração de lignina no lenho com o aumento da concentração de N nas folhas da progênie 1 e no lenho da progênie 4, conforme verificado também por Downes e Turvey (1986) em *Pinus radiata*. No entanto, o comportamento da progênie 1 em relação à lignina foi diferente para a concentração de N no lenho. Os efeitos da concentração de K nas folhas e no lenho sobre a concentração de lignina das progênies 2 e 3 foram distintos, uma vez que aumentos na concentração de K nas folhas e no lenho propiciaram maiores teores de lignina na progênie 2. O

aumento da concentração de Ca nas folhas e no lenho resultou em aumento no teor de lignina somente na progênie 3. Tal resultado também foi observado por Sgarbi et al. (1999), quando comparou plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* normais e deficientes em Ca. De maneira geral, as correlações entre as concentrações de extrativos e as de N, P, K, Ca e Mg nas folhas e no lenho foram inversas às observadas para a concentração de holocelulose.

A Figura 6 mostra as equações de regressão entre a concentração e a quantidade de holocelulose em função do teor de K nas folhas

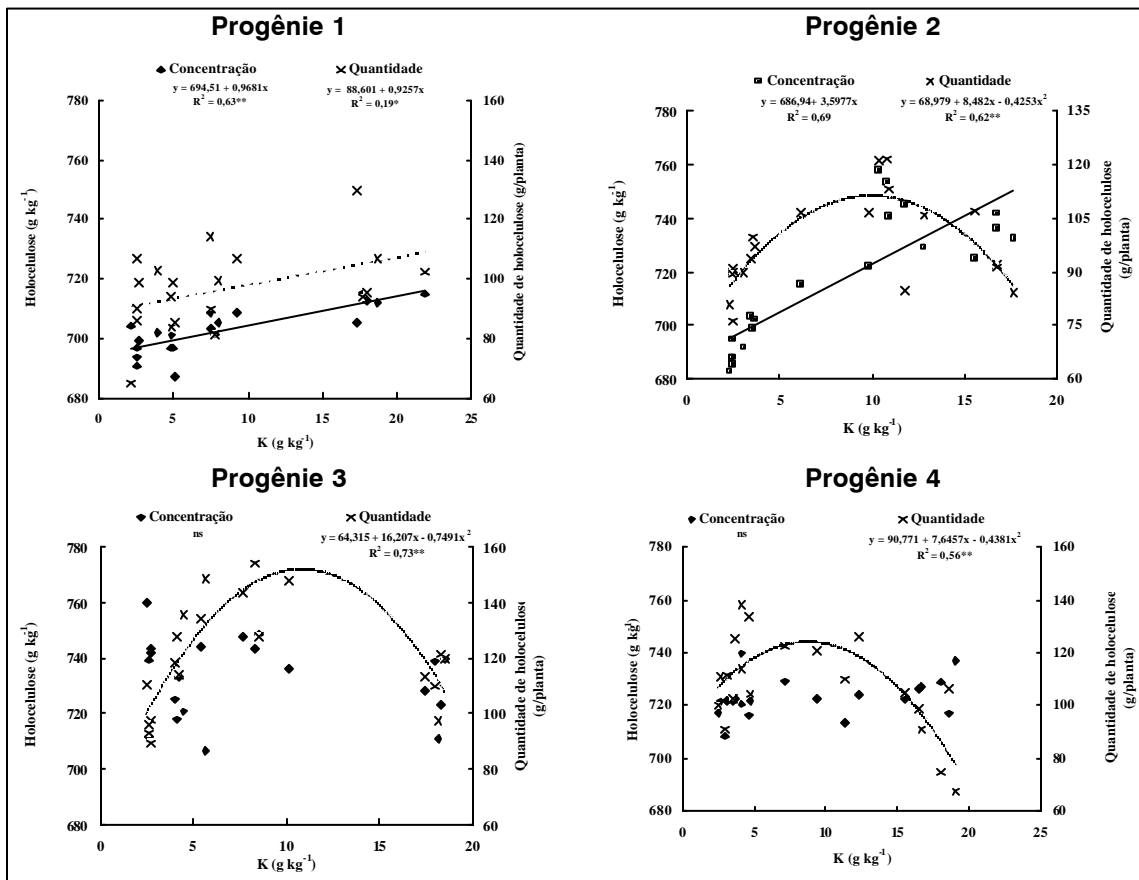


Figura 6

Relação entre a concentração e quantidade de holocelulose no lenho e a concentração de potássio nas folhas diagnóstico das progênies de *Eucalyptus grandis*.

(Relationship between concentration and holocellulose content in the xylem and potassium concentration in diagnostic leaves of *Eucalyptus grandis* progenies)

diagnóstico. A progênie 1 foi a única com tendência de aumentos lineares na concentração e na quantidade de holocelulose com o aumento na concentração de K nas folhas. As progênies 3 e 4 apresentaram relações quadráticas somente entre a quantidade de holocelulose e a concentração foliar de K. Através das equações de regressão, estimou-se a concentração de K necessária para a obtenção da máxima produção, sendo de 10,8 g kg⁻¹ para a progênie 3 e 8,7 g kg⁻¹ para a progênie 4. Para a progênie 2, a resposta foi linear para a concentração e quadrática para a quantidade de holocelulose com aumento do potássio no tecido foliar. A máxima produção de holocelulose

foi obtida, quando as plantas apresentavam 10 g de K kg⁻¹ nas folhas diagnóstico. O nível crítico da concentração de K nas folhas diagnóstico para a quantidade de celulose produzida foi de (g kg⁻¹): 4,8 para a progênie 2; 6,3 para a progênie 3 e 3,4 para a progênie 4. Os níveis críticos de K nas folhas, obtidos para a produção de celulose, foram próximos dos encontrados para a produção de lenho, os quais foram de (g kg⁻¹): 4,2 para a progênie 2; 6,4 para a progênie 3 e 3,1 para a progênie 4.

Na Tabela 6 são apresentados os coeficientes de correlação entre as razões N/K, K/P, K/Ca, K/Mg e K/Ca+Mg e as concentrações de holocelulose, lignina e extrativos.

Tabela 6

Coeficientes de correlações de Pearson entre a razão N/K, K/P, K/Ca, K/Mg e K/Ca+Mg no lenho e a concentração de holocelulose, lignina e extrativos no lenho das progênies de *Eucalyptus grandis*.

(Pearson correlation coefficients between N/K, K/P, K/Ca, K/Mg, and K/Ca+Mg ratios in the xylem, and concentration of holocellulose, lignin, and extractives in the xylem of *Eucalyptus grandis* progenies)

Material Genético	N/K	K/P	K/Ca	K/Mg	K/Ca+Mg
Holocelulose					
Progênie 1	ns	ns	0,78**	ns	-0,63**
Progênie 2	ns	ns	0,82**	ns	-0,52*
Progênie 3	ns	ns	ns	ns	ns
Progênie 4	-0,58*	ns	ns	-0,40*	ns
Todos	ns	ns	0,32**	ns	-0,32**
Lignina					
Progênie 1	0,65**	ns	ns	ns	ns
Progênie 2	ns	ns	0,49*	ns	ns
Progênie 3	ns	ns	-0,40*	0,55**	0,54**
Progênie 4	ns	ns	ns	ns	ns
Todos	ns	ns	ns	ns	ns
Extrativos					
Progênie 1	ns	ns	-0,79**	ns	0,58**
Progênie 2	ns	ns	-0,89**	ns	0,48*
Progênie 3	ns	ns	ns	ns	ns
Progênie 4	0,59**	ns	-0,41*	ns	ns
Todos	ns	ns	-0,33**	ns	ns

* - significativo a 5 % de probabilidade; ** - significativo a 1 % de probabilidade; ns - não significativo

Os efeitos da razão N/K nas folhas sobre a concentração e quantidade de holocelulose foram similares para as progênies 1 e 2. Ocorreram quedas lineares tanto na concentração como na quantidade de holocelulose com o aumento da relação N/K. Para as progênies 3 e 4, o efeito da relação N/K foi marcante somente para a quantidade de celulose produzida. A máxima produção de celulose foi alcançada, quando a razão foliar N/K era de 4,2 para a progênie 3 e 5,5 para a progênie 4 (Figura 7).

As progênies 1 e 2 apresentaram respostas quadráticas para concentração e quantidade de holocelulose conforme se variou a relação K/P nas folhas diagnóstico (Figura 8). A maior concentração de holocelulose foi obtida, quando as plantas apresentavam relação K/P de 15,7 e 10,3 no caso das progênies 1 e 2, respectivamente. A máxima quantidade de holocelulose ocorreu, quando as plantas das progênies 1 e 2 tinham 11,7 K/1P e 8,2 K/1P, respectivamente. As relações entre a razão K/P nas folhas e a

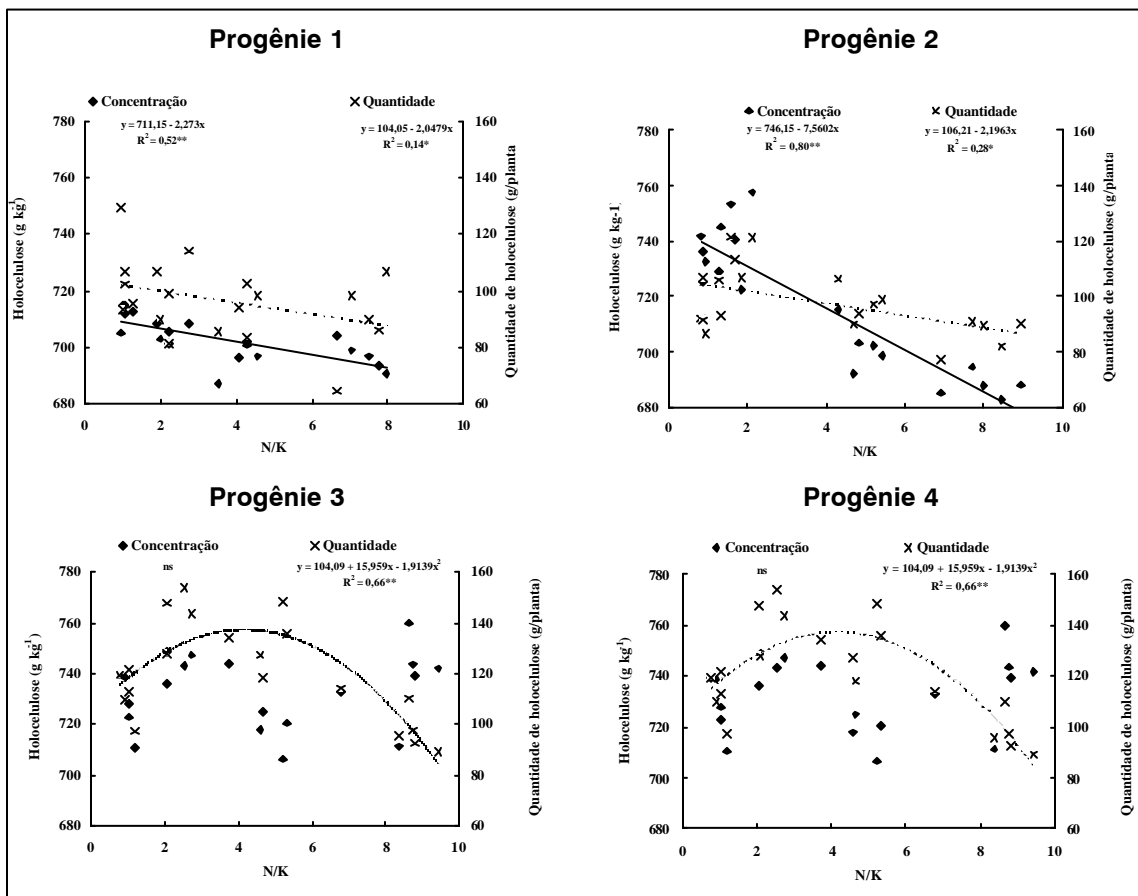


Figura 7

Relação entre a concentração e quantidade de holocelulose no lenho e a razão N/K nas folhas diagnóstico das progênies de *Eucalyptus grandis*.

Relationship between concentration and holocellulose content in the xylem and the N/K ratio in diagnostic leaves of *Eucalyptus grandis* progenies.

concentração de holocelulose não foram significativas para as progênies 3 e 4. No entanto, para a quantidade de holocelulose, verificou-se relação quadrática em função da razão K/P em ambas as progênies. A razão K/P foliar de 8,5 e 5,4 para as progênies 3 e 4 foram as que proporcionaram a máxima produção de celulose.

Foram encontradas respostas quadráticas para concentração e quantidade de holocelulose em função da razão K/Ca nas folhas di-

agnóstico das progênies 1 e 2 (Figura 9). A máxima concentração de holocelulose no lenho foi obtida, quando a relação K/Ca era de 3,7 e 1,8 para as progênies 1 e 2, respectivamente. O maior conteúdo de holocelulose no lenho foi alcançado, quando a razão foliar K/Ca era de 3,0 para a progênie 1, 1,5 para a progênie 2, 1,6 para a progênie 3 e 1,3 para a progênie 4.

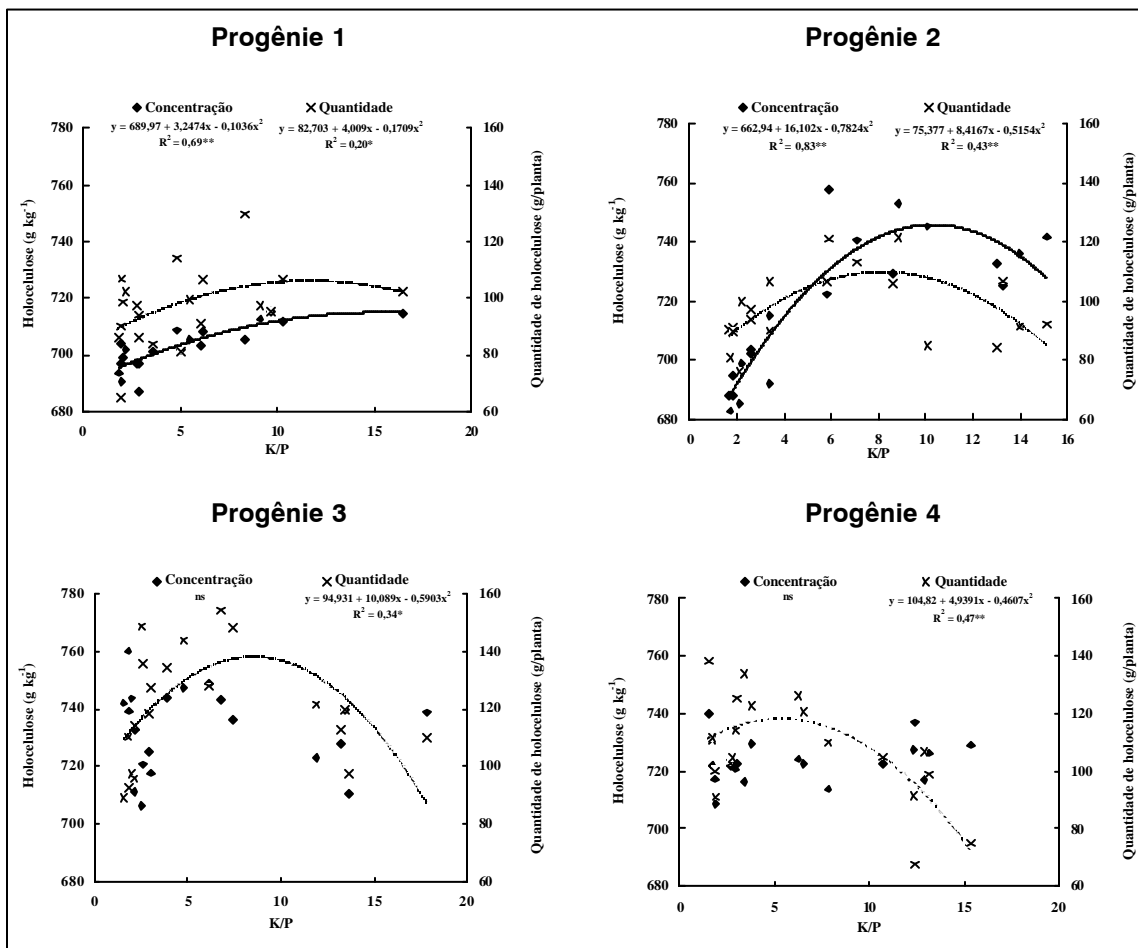


Figura 8

Relação entre a concentração e quantidade de holocelulose no lenho e a razão K/P nas folhas diagnóstico das progênies de *Eucalyptus grandis*.

(Relationship between concentration and holocellulose content in the xylem and the K/P ratio in diagnostic leaves of *Eucalyptus grandis* progenies)

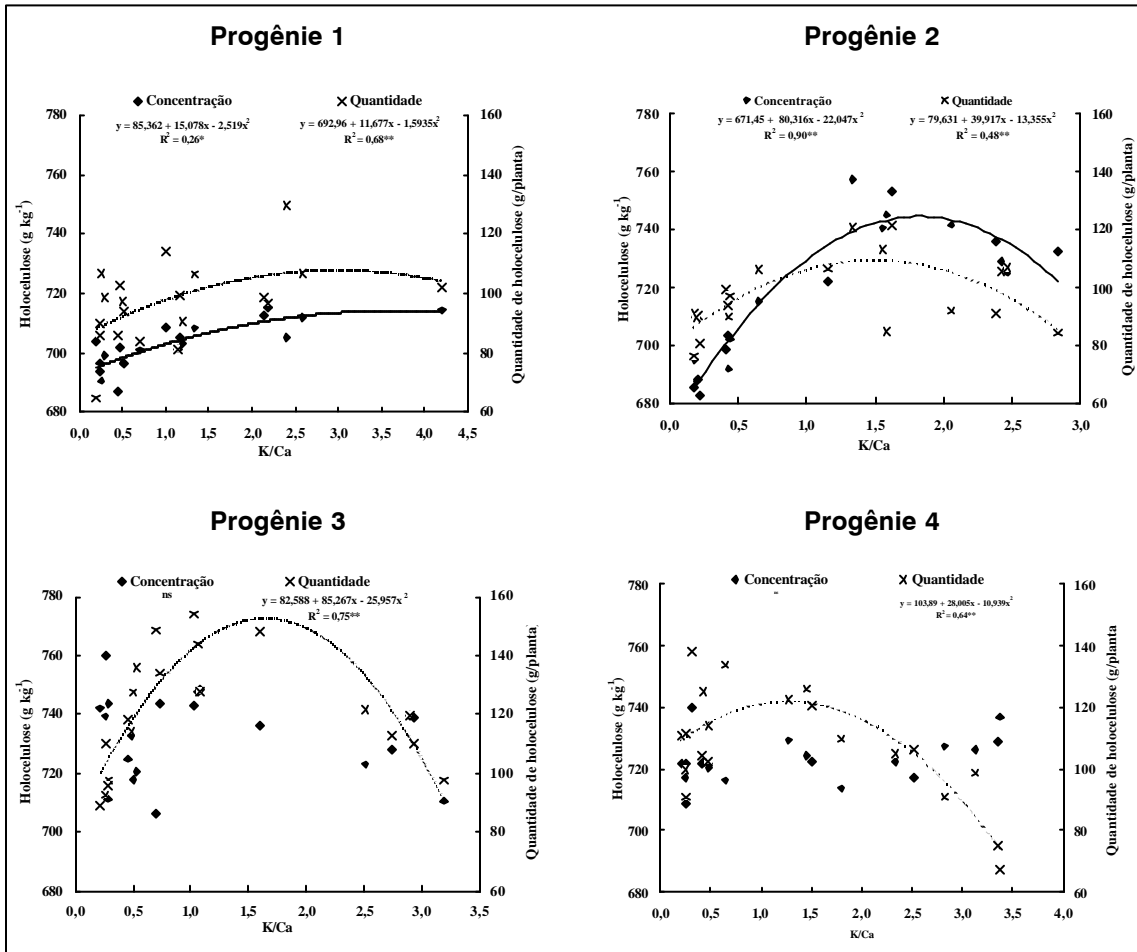


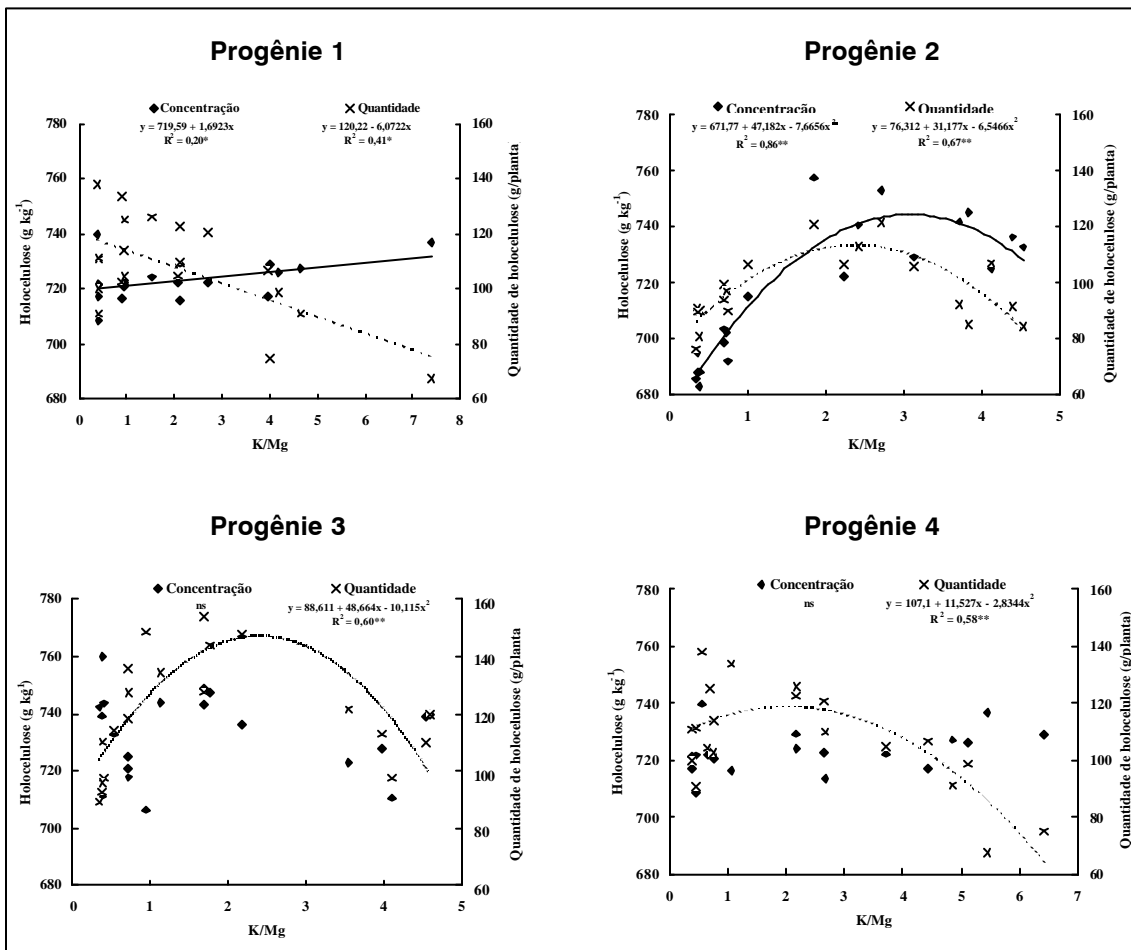
Figura 9

Relação entre a concentração e quantidade de holocelulose no lenho e a razão K/Ca nas folhas diagnóstico das progênies de *Eucalyptus grandis*.

(Relationship between concentration and of holocellulose content in the xylem and the K/Ca ratio in diagnostic leaves of *Eucalyptus grandis* progenies.

A Figura 10 mostra a concentração e quantidade de holocelulose no lenho dos materiais genéticos em função da relação K/Mg nas folhas diagnóstico. Na progênie 1, ocorreu queda linear na quantidade de holocelulose com o aumento da relação K/Mg nas folhas e o contrário foi observado para a concentração. As relações entre a concentração e a quantidade de holocelulose e a razão K/Mg nas folhas fo-

ram quadráticas para a progênie 2. A máxima concentração e o maior acúmulo ocorreram, quando as relações K/Mg eram de 3,1 e 2,4, respectivamente. Para as progênies 3 e 4, verificaram-se aumentos da produção de holocelulose com o aumento da relação K/Mg nas folhas. A máxima produção de celulose foi alcançada, quando a relação K/Mg era de 2,4 e 2,0 nas progênies 3 e 4, respectivamente.

**Figura 10**

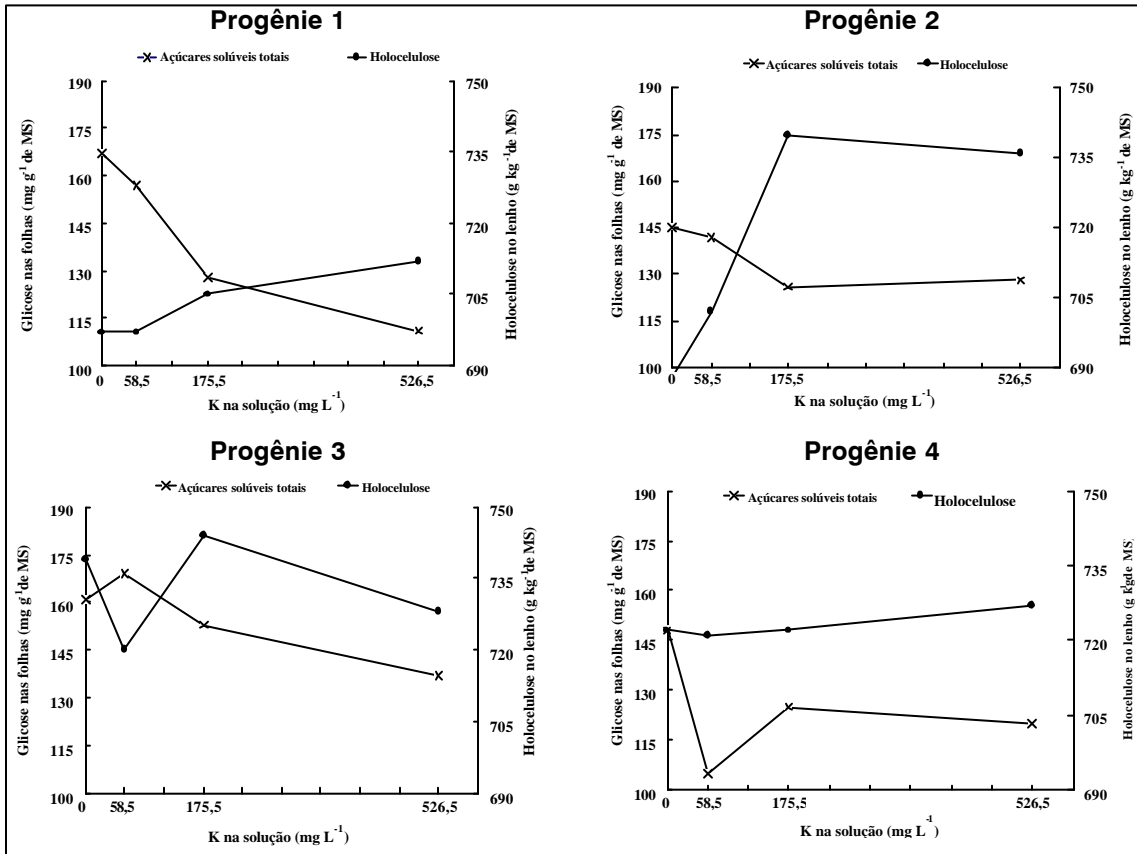
Relação entre a concentração e quantidade de holocelulose no lenho e a razão K/Mg nas folhas diagnóstico das progênies de *Eucalyptus grandis*.

(Relationship between the holocellulose concentration and content in the timber and the K/Mg rate in the diagnostic leaves of the *Eucalyptus grandis* progenies)

Relação entre açúcares solúveis totais nas folhas diagnóstico e holocelulose no lenho

Aumentos na concentração de holocelulose no lenho estavam relacionados com decréscimos na concentração de açúcares nas folhas à medida que se aumentava o fornecimento de potássio às plantas, principalmente nas progênies 1, 2 e 3 (Figura 11). A hipótese é que, com o aumento da dose de K, estaria ocorrendo

maior transporte de carboidratos solúveis das folhas para o lenho, resultando, conseqüentemente, em maior acúmulo de celulose e hemicelulose. Esses resultados evidenciam a importância do K no transporte de fotossintetizados das folhas para os órgãos de armazenamento, conforme relatado por Mengel e Kirkby (1978), Malavolta (1980), Marschner (1995) e Malavolta et al. (1997).


Figura 11

Concentração de açúcares solúveis totais nas folhas diagnóstico e de holocelulose no lenho das progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva.

(Total soluble sugars in the diagnostic leaves and the holocellulose in the timber of the *Eucalyptus grandis* progenies as affected by potassium rates in the nutritive solution)

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, os resultados permitem concluir que:

- ✓ Para a produção de lenho, os materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* responderam de maneira diferenciada à aplicação de potássio, sendo as progênies 2 e 3 consideradas responsivas e as progênies 1 e 4, não responsivas;
- ✓ A faixa adequada de potássio nas folhas diagnóstico variou em função do material genético analisado;

- ✓ O nível crítico de potássio nas folhas diagnóstico foi de 6,4 g kg⁻¹, 4,2 g kg⁻¹ e 3,1 g kg⁻¹ para as progênies 3, 2 e 4. Não foi possível definir o nível crítico para a progênie 1;
- ✓ Os materiais genéticos apresentaram respostas distintas para a concentração e quantidade de holocelulose no lenho em função da dose de K na solução nutritiva. A adição de potássio aumentou a concentração de holocelulose nas progênies 1 e 2. A progênie 3 foi mais responsiva em quantidade de holocelulose com o aumento da dose de K;

✓ À medida que se aumentou a dose de K na solução nutritiva, menor foi a concentração de açúcares solúveis totais nas folhas e maior a concentração de holocelulose nas progênies 1 e 2.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

RONALDO LUIZ VAZ DE ARRUDA SILVEIRA é Pesquisador da RRAgroflorestal S/C Ltda. - Edifício Racz Center – Sala 802 – Rua Alfredo Guedes, 1949 – Piracicaba, SP – E-mail: ronaldo@rragroflorestal.com.br

EURÍPEDES MALAVOLTA é Pesquisador do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, CENA / USP – Caixa Postal 96 – Piracicaba, SP – 13400-970 - E-mail: mala@cena.usp.br

Os autores agradecem à Companhia Suzano de Papel e Celulose na pessoa dos Engenheiros Shinitiro Oda e Eduardo José de Mello pelo fornecimento das mudas das progênies de *Eucalyptus grandis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.M.; VITAL, B.R.; BARROS, N.F.; DELLA LUCCIA, R.M.; CAMPOS, J.C.C.; VALENTE, D.F. Efeitos da fertilização mineral e da calagem do solo na produção e na qualidade da madeira de eucalipto. **Revista árvore**, v.18, n.1, p.69-78, 1994.

BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M.; DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista árvore**, v.5, n.1, p.90-103, 1981.

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., ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. cap.4, p.127-186.

BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. **Boletim de pesquisa florestal**, v.26/27, p.17-65, 1993.

BOARDMAN, R.; CROMER, R.N.; LAMBERT, M.J.; WEBB, M.J. Forest plantations. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Collingwood: CSIRO, 1997. cap.10, p.505-566.

CROMER, R.N.; CAMERON, D.; CAMERON, J.N.; FLINN, D.W.; NEILSEN, W.A.; RAUPACH, M.; SNOWDON, P.; WARING, H.D. Response of eucalypt species to fertilizer applied soon after planting to several sites. **Australian forestry**, v.44, n.1, p.3-13, 1981.

DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1995. 104p.

DOWNES, G.; TURVEY, N.D. Reduced lignification in *Pinus radiata* D. Don. **Australian forest research**, v.16, n.4, p.317-377, 1986.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

GALO, M.V. **Resposta do eucalipto à aplicação de potássio em solo de cerrado**. Viçosa, 1993. 40p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

GAVA, J.L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série técnica IPEF**, v.11, n.30, p.84-94, 1997.

JIAN JU, L.; CAO, L.; LIN, J.A.; SHANHUA, W.; LUO, J.J. Effects of fertilization treatments on contents of wood chemical components of *Eucalyptus urophylla*. **Scientia silvae sinicae**, v.34, n.5, p.96-102, 1998.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; VENCOSKY, R.; VALSECCHI, O.; SANTOS, C.L.O. The relation of the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in the substrate and in the foliage to cell wall thickness and cellulose concentration in the xylem of Slash Pine. **Academia Brasileira de Ciências**, v.38, n.1, p.173-186, 1966.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 1995. 888p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Berne: International Potash Institute, 1978. 593p.
- NOVAIS, R.F.; RÊGO, A.K.; GOMES, J.M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista árvore**, v.4, n.1, p.14-23, 1980.
- OGBONNAYA, C.I. Growth and histo-chemical response of *Gmelina arborea* seedlings to applications of N and K fertilizers and their combinations on oxisolic soil. **Journal of tropical forest science**, v.4, n.4, p.363-378, 1994.
- PRETTY, K.M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R., ed. **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.177-194.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa phytopathologica**, v.1, p.231-233, 1975.
- SGARBI, F.; BRITO, J.O.; SILVEIRA, R.L.V.A. **Características químicas, físicas e dimensões das fibras da madeira juvenil de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* cultivado na omissão de macronutrientes e boro em solução nutritiva.** Piracicaba: IPEF / ESALQ / USP, 1999. 29p. (Relatório técnico)
- SIDDIQUI, K.M. **Influence of fertilization on the ultrastructure and chemical composition of wood.** Syracuse, 1972. 161p. Tese (Doutorado) – Syracuse University
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, J.L.M.; GONÇALVES, A.N.; BRANCO, E.F. **Levantamento e estudo do mercado e uso de fertilizantes em florestas brasileiras.** Piracicaba: IPEF / ESALQ / USP, 1995a. 117p. (Relatório técnico)
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; SILVEIRA, R.I.; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *E. grandis* da região de Itatinga, SP: 2-micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Resumos expandidos.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995b. p.899-901.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, Piracicaba, 1999. **Anais.** Piracicaba: IPEF / ESALQ / USP. (CD Rom).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; POMPERMAYER, P.N. **Monitoramento nutricional do *Eucalyptus* na região de Capão Bonito, SP.** Piracicaba: IPEF / ESALQ / USP, 1998. 92p. (Relatório técnico)
- VALERI, S.V.; CORRADINI, L.; AGUIAR, I.V. Efeitos de níveis de NPK e calcário dolomítico na produção volumétrica de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Científica**, v.19, n.1, p. 63-70, 1991.