

Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp.

Genetics parameters for growth, yield and wood technological characters in *Eucalyptus* spp. clones

Ana Lúcia Tonani Tolfo
Rinaldo Cesar de Paula
Cesar Augusto Valencise Bonine
Alexandre Bassa
Celina Ferraz do Valle

RESUMO: Este trabalho teve por objetivos estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em 25 clones de *Eucalyptus* spp., pertencentes a um teste clonal da Votorantim Celulose e Papel, com 80 meses de idade. O experimento foi disposto no delineamento de blocos casualizados com 50 clones e seis repetições de 10 plantas, no espaçamento 3 m x 3 m. Em três árvores de 25 clones, selecionados após a avaliação silvicultural de todo o teste, foram avaliados caracteres de crescimento (diâmetro à altura do peito e altura comercial), de produção (volume cilíndrico, volume para celulose e porcentagem de casca) e tecnológicos (rendimento bruto e depurado da polpa, viscosidade da polpa, teores de lignina, de holocelulose e de extrativos e densidade básica da madeira). Dos caracteres analisados, apenas para viscosidade da polpa não foram verificadas variações genéticas entre os clones. As estimativas de herdabilidade, no sentido amplo, foram de alta magnitude para a grande maioria dos caracteres, evidenciando o bom controle genético sobre os mesmos e a possibilidade de avanços genéticos expressivos com a seleção. As estimativas de correlação entre os caracteres de crescimento e produção com os tecnológicos da madeira foram, em geral, de pequena magnitude, indicando a ausência de genes pleiotrópicos no controle destes caracteres e expectativa de pequenos progressos genéticos pela seleção indireta.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoramento florestal, Controle genético, Qualidade da madeira

ABSTRACT: This work had to objectives to estimate genetic parameters of growth, yield and technological wood characters in 25 *Eucalyptus* spp. clones, at 80 months old. The experiment was disposed in the randomized blocks design with 50 clones and six repetitions of 10 plants. In three trees of 25 best clones to silvicultural traits, were evaluated genetics parameters for growth, yield and wood technological characters. Only viscosity of pulp it was not verified genetics variations among clones. The heritability estimates, evidencing the good genetic control about the characters analyzed and the possibility of expressive genetic progresses with the selection. The correlation estimates between the growth and production with the technological wood characters indicating the absence of genes pleiotropics in the control of ones and the expected small genetic progresses for the indirect selection.

KEYWORDS: Forest improvement, Genetic control, Wood quality

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* encontra-se amplamente disseminado em quase todas as regiões tropicais e subtropicais. No Brasil é plantado, principalmente, nas regiões sudeste e sul (Teixeira e Soares, 1992). Em geral, há grandes diferenças

entre e dentro de espécies de *Eucalyptus* quanto a vários atributos de crescimento e qualidade da madeira, o que torna possível encontrar materiais genéticos que maximizem as características desejadas para fins específicos.

Para Thomaz (1995), a madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células adaptadas a desempenharem funções específicas. As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, embora dentro da mesma espécie elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma árvore ocorrem variações significativas no sentido base-topo e medula-casca. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o alburno, madeira de início e fim de estação de crescimento e, em escala microscópica, entre células individuais.

Segundo Kageyama et al. (1983), qualidade da madeira se refere à sua adequação para um ou mais usos e à sua capacidade para preencher os requisitos necessários para fabricação de um determinado produto. Quando se fala em qualidade da madeira, várias características e enfoques a ela se associam, sendo que o grau de importância de cada aspecto está intimamente relacionado ao uso da matéria prima (Santos et al., 1993). Conhecendo-se a qualidade da matéria-prima e o processo a ser usado, é possível obter a otimização entre ambos e o produto final (Carrilho, 1995). Uma preocupação crescente é a de adequar a madeira objetivando seus múltiplos usos para obtenção dos mais variados produtos (Xavier et al., 1997), sendo desejável que esta seja mais homogênea, dando uma melhor qualidade ao produto final e rendimento (Souza et al., 1986).

Os progressos alcançados no setor florestal brasileiro são expressivos, principalmente em termos de produtividade, e nos últimos anos têm-se notado um grande interesse e uma centralização de esforços no trabalho conjunto entre os setores florestal e industrial, na busca de matéria-prima de qualidade para atender a um determinado produto final. De modo geral, pode-se melhorar, modificar, controlar ou minimizar os fatores que afetam a qualidade da madeira, em considerável extensão, por meio de tratamentos silviculturais e de seleção e melhoramento genético (Xavier et al., 1997). As decisões visando ao uso adequado do patrimônio florestal têm de ser tomadas, levando-se em consideração diversos fatores, dentre os quais a qualidade da madeira (Brasil et al., 1994).

Embora a hibridação entre espécies e posterior seleção clonal de indivíduos superiores (Assis, 1986) e programas de melhoramento com objetivos de aumentar a produtividade aliada à

qualidade da madeira serem comuns no Brasil (Xavier, 1996), o que se observa, na maioria dos casos, é que a seleção tem sido aplicada apenas sobre as características de crescimento (Machado et al., 1987; Trugilho, 1995; Garcia, 1998), não levando em consideração o aspecto da "qualidade da madeira" com base em características físicas, químicas e anatômicas. Isto porque a análise de qualidade da madeira é relativamente de alto custo, trabalhosa e demorada (Xavier et al., 1997).

Segundo Garcia (1998), o estudo da diversidade genética de clones de eucalipto deve considerar tanto características de qualidade da madeira como de crescimento, a fim de assegurar melhor qualidade da matéria-prima associada à maior produtividade, visando manter a competitividade no mercado de celulose.

O teor de extrativos, a densidade básica e o comprimento de fibras (Hillis, 1972), o teor de lignina e holocelulose são critérios de qualidade importantes na produção de celulose para a indústria de papel. Entretanto, além dessas, as condições do cozimento, as características da polpa e, ainda, as propriedades do papel são de grande interesse no setor tecnológico (Garcia, 1998).

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivos estudar a variação genotípica e estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira, bem como verificar a associação entre estes caracteres em clones de *Eucalyptus* spp.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho constou da avaliação silvicultural e tecnológica da madeira de um teste clonal de *Eucalyptus* spp. da Votorantim Celulose e Papel (VCP), unidade de Luiz Antônio, localizado no município de Guatapar, SP. O teste clonal constituído por 50 clones, foi distribuído em seis blocos ao acaso, no espaçamento 3 x 3 m, com 10 árvores por parcela. Após a avaliação silvicultural do teste clonal, aos 80 meses de idade, foram amostradas três árvores dos 25 clones selecionados. Estas três árvores estavam localizadas em três blocos do experimento. Na Tabela 1, encontra-se a relação dos 25 clones usados no trabalho.

Nestas três árvores de cada um dos 25 clones foram avaliados o DAP (cm) e a altura total (m), a partir dos quais determinou-se o volume cilíndrico (m³/rvore). Estas três árvores foram abatidas e cubadas rigorosamente, para determinação do vo-

lume real com casca para celulose (m³/árvore) até um diâmetro mínimo de 8 cm. A partir da cubagem rigorosa, determinou-se a porcentagem de casca, por diferença entre o diâmetro com e sem casca.

Paralelamente, foram retirados discos de aproximadamente 2,5 cm de largura a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial para determinação da densidade básica da madeira (g/cm³), usando o método da balança hidrostática (Vital, 1984).

Foram retirados, também, toretes de 1 metro de comprimento nas mesmas posições adotadas para amostragem dos discos para determinações tecnológicas da madeira. Dos toretes, foram obtidos cavacos, que foram acondicionados em sacos plásticos transparentes, devidamente identificados e usados após secos (10% de umidade). Os cavacos foram selecionados por tamanho, usando-se apenas os cavacos retidos nas peneiras de 22, 16 e 10 mm. Posteriormente, foi realizada a

classificação por espessura, aproveitando-se os cavacos retidos nas peneiras de 6, 4 e 2 mm, eliminando-se, também, os nós, cascas e cavacos muito finos. Após esta etapa, os cavacos foram homogeneizados e novamente acondicionados em sacos plásticos até o seu uso.

Parte dos cavacos foi destinada para a determinação da composição química e outra parte, o cozimento, ambas realizadas no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento da Votorantim Celulose e Papel, unidade de Luiz Antônio.

As análises químicas da madeira foram determinadas na serragem, obtida em moinho, após a classificação em um conjunto de peneira de 40 e 60 mesh a partir dos cavacos de madeira. Nos materiais, foram quantificados os teores de extrativos totais (norma TAPPI 204 om – 88), e lignina (norma TAPPI T 222 om-88), sendo o teor de holocelulose obtido por diferença, conforme metodologias apresentadas em TAPPI (1999).

Tabela 1

Relação dos 25 clones de *Eucalyptus* spp avaliados no experimento.
(Relation of 25 *Eucalyptus* spp. clones evaluated in experiment)

Clone nº	Identificação	Procedência
1	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Altinópolis – SP
2	<i>E. grandis</i>	Altinópolis – SP
3	<i>E. urophylla</i>	Altinópolis – SP
4	<i>E. urophylla</i> var. <i>platyphylla</i>	Altinópolis – SP
5	<i>E. grandis</i>	Altinópolis – SP
6	<i>E. grandis</i>	Altinópolis – SP
7	<i>E. grandis</i>	Aracruz – ES
8	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Santa Rita do Passa Quatro – SP
9	<i>E. grandis</i>	Taubaté – SP
10	<i>E. grandis</i>	Jacareí – SP
11	<i>E. grandis</i>	Jacareí – SP
12	<i>E. grandis</i>	Taubaté – SP
13	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Mogi Guaçu – SP
14	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Mogi Guaçu – SP
15	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Santa Rita do Passa Quatro – SP
16	<i>E. saligna</i>	Guatapará – SP
17	<i>E. saligna</i>	Guatapará – SP
18	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Altinópolis – SP
19	<i>E. grandis</i>	Aracruz – ES
20	<i>E. grandis</i>	Aracruz – ES
21	<i>E. grandis</i>	Santa Rita do Passa Quatro – SP
22	<i>E. grandis</i>	Santa Rita do Passa Quatro – SP
23	<i>E. grandis</i>	Santa Rita do Passa Quatro – SP
24	<i>E. grandis</i>	Rincão – SP
25	<i>E. urophylla</i>	Altinópolis - SP

Os cozimentos e o processo Kraft foram realizados nas seguintes condições: álcali ativo (como Na_2O): 15%; sulfidez: 25%; tempo de subida: 1 hora; tempo à temperatura máxima: 2 horas; temperatura máxima: 166°C; relação licor/madeira: 4:1; tempo total: 3 horas.

Para determinação do rendimento bruto (%) e depurado (%), em cada cozimento foi avaliada a quantidade de celulose absolutamente seca produzida. A relação percentual entre a massa de celulose produzida e a massa de madeira, absolutamente seca, forneceu o rendimento bruto. Em seguida, por meio da depuração em depurador Noriam com fenda de 0,2 mm, os rejeitos foram separados da polpa celulósica produzida. Estes rejeitos foram secos em estufa a $105 \pm 3^\circ \text{C}$. A relação percentual entre a massa seca de rejeitos e a massa seca de madeira forneceu o teor de rejeitos. A determinação do rendimento depurado foi obtida pela diferença entre o rendimento bruto e o teor de rejeitos. A viscosidade (cm^3/g) foi determinada em cada amostra de polpa celulósica de acordo com a norma TAPPI T230 om-94 (TAPPI, 1999).

As análises estatísticas foram realizadas segundo o delineamento de blocos casualizados com 25 tratamentos (clones) e três repetições. As análises de variância e as estimativas dos parâmetros genéticos e dos coeficientes de correlação genotípica, fenotípica e de ambiente, foram processadas no programa Genes seguindo os procedimentos apresentados por Cruz (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve variação genética entre clones significativa ($P < 0,05$) para altura comercial (HC); por outro lado a viscosidade (VISC) revelou-se como um caráter de baixa variação genética ($P > 0,05$). Os demais caracteres, ou seja, diâmetro à altura do peito (DAP), volume com casca para celulose (VCEL), porcentagem de casca (% CASCA), volume cilíndrico (VCIL), rendimento bruto (RB) e depurado (RD), teores de lignina (LIG), de holo-celulose (HOL) e de extrativos (EXT) e densidade básica da madeira (DBM) revelaram variações genéticas entre clones altamente significativas ($P < 0,01$), nas condições do presente experimento (Tabela 2). Segundo Lush (1964), a existência de variação genética, entre diferentes acessos, indica a possibilidade de melhoramento desses caracteres e a obtenção de ganhos consideráveis com a seleção.

Variações genéticas significativas foram observadas para DAP, altura, volume comercial e densidade básica da madeira, entre famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 67 meses de idade (Paula et al., 1996a; 1996b). Xavier et al. (1997) também encontraram variações genéticas significativas entre famílias de meios-irmãos de *E. grandis*, aos 84 meses de idade, para densidade básica e outras características de qualidade da madeira.

Os valores dos coeficientes de variação experimental (CV), com base em Pimentel Gomes (1990), podem ser considerados baixos ($< 10\%$) para DAP, HC, %CASCA, RB, RD, VISC, LIG, HOL e DBM; médios (10-20%) para VCEL e VCIL, e alto (20-30%) para EXT. Paula et al., (1996a; 1996b) encontraram baixos valores de coeficientes de variação experimental para DAP, altura e densidade básica da madeira e médios para as características de produção de biomassa em famílias de meios-irmãos de *E. camaldulensis*. Para caracteres de qualidade da madeira em *E. grandis*, Xavier et al. (1997) encontraram valores baixos de coeficiente de variação experimental. No entanto, de acordo com Garcia (1989), os coeficientes de variação experimental para espécies florestais, em condições de campo, mesmo em valores superiores aos reportados para outras culturas, revelam boa precisão experimental, devendo ser analisados, separadamente, para cada caráter, idade, tipo e quantidade de tratamentos, dentre outros.

DAP, VCEL, %CASCA, VCIL, RB, RD, LIG, HOL e EXT apresentaram altas estimativas de herdabilidade no sentido amplo ($H^2 > 0,67$), sugerindo que estes caracteres sofrem pequena influência ambiental. HC e DBM apresentaram-se sob moderado controle genético ($H^2 = 0,48$ e $0,56$, respectivamente) e, para VISC a estimativa de herdabilidade foi de pequena magnitude ($H^2 = 0,15$) reforçando, para este caráter, o baixo controle genético.

Garcia (1998) encontrou para teor de lignina estimativas de herdabilidade no sentido amplo de 0,83, concordando com o resultado aqui obtido. Também, para EXT o valor de herdabilidade aqui obtido concorda com o reportado por Demuner e Bertolucci (1993), em híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* em três locais, que foi de 0,86. Entretanto, a viscosidade da polpa apresentou herdabilidade de 0,45, valor superior ao encontrado no presente trabalho ($H^2 = 0,15$).

Tabela 2

Resumo da análise de variância para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira de clones de *Eucalyptus* spp., aos 80 meses de idade.
(Resume of variance analysis to growth, yield and wood technological characters in *Eucalyptus* spp. clones, at 80 months old)

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios												
		DAP (cm)	HC (m)	VCEL (m³/árvore)	%CASCAS (%)	VCIL (m³/árvore)	RB (%)	RD (%)	VISC (cm³/g)	LIG (%)	HOL (%)	EXT (%)	DBM (g/cm³)	
Bloco	2	1,7132	0,5903	0,0014	1,7466	0,0127	0,7745	0,8739	3852,540	0,0945	0,1331	0,4345	0,0039	
Clones	24	6,9847**	4,6997*	0,0150**	4,1498**	0,0883**	3,7253**	3,8027**	5178,0694 ^{ns}	2,8249**	7,0097**	1,9148**	0,0038**	
Resíduo	48	2,1529	2,4276	0,0049	1,0348	0,0251	0,5237	0,5420	4381,5469	0,447	1,0551	0,3255	0,0016	
Média		19,83	22,17	0,3954	10,87	0,90324	50,35	50,36	928,36	29,7	67,99	2,32	0,511	
CV(%)		7,4	7,03	17,75	9,35	17,54	1,44	1,46	7,13	2,25	1,51	24,56	7,96	
Vf		2,3282	1,5665	0,005	1,3832	0,0294	1,2418	1,2676	1726,0231	0,9416	2,3365	0,6382	0,0012	
Ve		0,7176	0,8092	0,0016	0,3449	0,0083	0,1746	0,1807	1460,5156	0,149	0,3517	0,1085	0,0006	
Vg		1,6106	0,7574	0,0034	1,0373	0,021	1,0671	1,0869	265,5076+	0,7926	1,9848	0,5297	0,0007	
H ²		0,69	0,48	0,67	0,75	0,72	0,86	0,86	0,15+	0,84	0,84	0,83	0,56	
CVg		6,4	3,92	14,67	9,37	16,07	2,05	2,07	1,76+	2,99	2,07	31,34	5,21	
CVg/CV		0,86	0,56	0,83	1,00	0,92	1,43	1,42	0,25+	1,33	1,37	1,28	0,65	

ns, *, ** - não significativo a 5% e significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F;

+ - valores estatisticamente nulos ao nível de 5% de probabilidade.

CV (%) – coeficiente de variação experimental (%); Vf, Ve e Vg – estimativas da variância fenotípica, ambiental e genotípica, respectivamente; H² – estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo; CVg – estimativa do coeficiente de variação genotípica.

DAP – diâmetro à altura do peito; HC – altura comercial até 8 cm de diâmetro; VCEL – volume para celulose; %CASCAS – percentagem de casca; VCIL – volume cilíndrico; RB – rendimento bruto; RD – rendimento depurado; VISC – viscosidade; LIG – teor de lignina; HOL – teor de holocelulose; EXT – teor de extrativos; DBM – densidade básica da madeira.

O conceito de herdabilidade é um dos mais importantes e mais usados em genética quantitativa. A herdabilidade expressa a proporção da variação na população que é atribuída a diferenças genéticas entre os indivíduos (Zobel e Talbert, 1984), constituindo, segundo Squillace et al. (1967), em ajuda valiosa no planejamento de programas de melhoramento que envolvem seleção. Segundo Zobel e Talbert (1984), um ponto básico sobre herdabilidade é que ela, sendo uma razão entre variâncias, não é um valor fixo, variando de acordo com o caráter, espécie, idade e condições ambientais. Segundo Paula (1995), estimativas de herdabilidade não são obtidas sem erros, por isso, estas somente fornecem uma indicação relativa do controle genético do caráter, não devendo ser interpretada como valor absoluto ou invariante.

Para os caracteres de crescimento e de produção, as relações CVg/CV, foram inferiores a unidade, exceto para %CASCA em que esta relação foi igual a 1,0. Para as características químicas, esta relação mostrou-se sempre superior a 1,0, o mesmo acontecendo para o RB e RD. De acordo com Kageyama (1980) e Vencovsky (1987), a relação CVg/CV, juntamente com a herdabilidade, são indicativos das possibilidades de ganhos genéticos com a seleção, pois desempenham importante função no entendimento da variação existente entre os acessos. Assim, quando a razão CVg/CV é maior que 1,0, indica condição favorável à seleção, pois a variação genética supera a ambiental. Entretanto, não basta somente que esta relação seja superior a unidade, importando, também, a análise da magnitude dos valores envolvidos (Paula, 1995).

Na Tabela 3 é apresentado o desempenho médio dos clones para os caracteres analisados. Podem-se verificar diferenças expressivas entre os materiais genéticos. Por exemplo, para EXT a diferença entre o clone 22 e o clone 9 chega a 217% em favor do primeiro; para VCEL e VCIL, respectivamente, o clone 11 supera em 137% e 139% a produção do clone 17. A diferença entre os dois clones de desempenhos extremos é de 8 e 9%, respectivamente, para RB e RD; 10% para HOL; 14% para LIG; 21% para VISC; 31% para HC; 43% para DAP e 48% para %CASCA. A recomendação dos materiais genéticos a permanecerem no programa de melhoramento deve considerar, não somente o objetivo final do produto, mas

a sua correta avaliação. Assim, praticar a seleção sobre VCIL não identificaria, por completo, os materiais mais produtivos em VCEL. Este fato ressalta a importância da consideração da forma da árvore (fator de forma) de cada material genético no processo seletivo, quando não se tem como determinar o volume real de todas as árvores.

Dado que os programas de melhoramento, em geral, têm como objetivo aprimorar o material, não para caracteres isolados, mas para um conjunto de caracteres simultaneamente, o estudo das correlações mostra-se de grande importância. Entre outros usos, as correlações permitem prever o que acontecerá com um dado caráter, quando se faz a seleção em outro. Em situações em que se deseja melhorar um caráter de difícil seleção, quer por dificuldades de identificação, medição, ou de baixa herdabilidade, o emprego de um outro a ele correlacionado, com alta herdabilidade e facilmente mensurável, pode resultar na maneira mais adequada de se alcançar sucesso (Falconer, 1987).

As correlações envolvendo os caracteres DAP e HC evidenciam forte associação com VCEL e VCIL e baixa associação com %CASCA. Correlações altas e negativas foram observadas entre RB e RD com VISC, LIG e EXT e entre HOL com LIG e EXT. As correlações entre os caracteres de crescimento e produção com os tecnológicos foram variáveis de acordo com os caracteres considerados (Tabela 4), não apresentando tendência definida.

Algumas correlações genotípicas envolvendo VISC superaram a unidade, fato este que pode ser explicado pela ausência de variação genotípica neste caráter. As demais estimativas de correlações genotípicas, entre os caracteres de crescimento e de produção com os caracteres tecnológicos, foram de baixa magnitude ($r_g < 0,49$) indicando a ausência de genes pleiotrópicos no controle destes.

Thomaz (1995) encontrou resultados semelhantes para as estimativas de correlação entre o teor de lignina e o teor de holocelulose, evidenciando que à medida que um dos caracteres aumenta, o outro reduz. Esta associação, alta e negativa, tem importância estratégica na condução dos programas de melhoramento, uma vez que modificações em um destes caracteres tendem a serem acompanhadas por modificações em sentido contrário no outro.

Tabela 3

Médias dos caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira de 25 clones de *Eucalyptus* spp. aos 80 meses de idade.

(Average of growth, yield and wood technological characters in 25 *Eucalyptus* spp. clones at 80 months old)

Clone	DAP (cm)	HC (m)	VCEL (m ³ /árv.)	%CASCA (%)	VCIL (m ³ /árv.)	RB (%)	RD (%)	VISC (cm ³ /g)	LIG (%)	HOL (%)	EXT (%)	DBM (g/cm ³)
1	19,3	21,2	0,359	10,3	0,833	52,3	52,2	951	27,9	70,1	1,9	0,543
2	19,7	23,4	0,422	10,9	0,906	51,1	51,1	873	28,7	69,8	1,3	0,466
3	19,9	22,6	0,397	12,7	0,906	51,3	51,3	910	28,7	68,2	2,9	0,475
4	19,4	21,1	0,357	9,8	0,807	51,6	51,6	896	28,6	69,3	2,0	0,461
5	17,7	20,7	0,323	9,2	0,683	50,6	50,5	904	28,8	69,5	1,5	0,478
6	18,7	22,1	0,368	9,6	0,808	49,6	49,6	929	29,9	68,4	1,4	0,491
7	20,1	21,5	0,387	10,2	0,913	48,9	48,8	1006	29,1	67,5	3,2	0,519
8	19,8	21,4	0,370	10,6	0,871	49,7	49,6	968	29,8	67,7	2,4	0,516
9	18,3	20,6	0,325	12,6	0,719	51,2	51,2	873	28,7	69,9	1,3	0,537
10	18,5	22,4	0,361	11,5	0,793	50,3	50,3	924	28,7	69,5	1,6	0,506
11	23,5	26,7	0,667	11,9	1,452	52,3	52,2	944	28,8	69,2	1,9	0,467
12	19,3	21,9	0,371	10,3	0,847	50,9	50,8	895	28,6	69,2	2,1	0,518
13	21,4	21,5	0,397	11,7	1,031	50,1	50,1	954	30,0	66,8	3,1	0,549
14	19,9	21,5	0,379	10,7	0,875	50,2	50,2	926	30,9	67,5	1,8	0,554
15	21,3	23,5	0,451	12,4	1,102	52,1	52,1	923	29,2	68,7	2,0	0,606
16	18,5	22,7	0,384	10,4	0,793	50,0	49,9	936	30,2	67,3	2,4	0,534
17	16,5	20,4	0,282	10,0	0,608	50,1	50,1	925	30,2	67,7	1,9	0,459
18	21,0	22,1	0,410	11,8	1,024	48,2	48,1	950	31,9	63,8	4,1	0,488
19	22,9	23,0	0,499	9,3	1,207	49,7	49,7	1018	30,6	66,8	2,5	0,483
20	20,8	22,4	0,424	9,3	0,992	48,5	48,5	947	30,7	66,9	2,3	0,510
21	19,7	22,0	0,388	8,6	0,868	50,7	50,5	928	29,8	68,8	1,3	0,505
22	20,4	22,4	0,415	11,4	0,948	48,8	48,8	937	30,4	65,3	4,2	0,527
23	19,6	21,6	0,385	11,5	0,870	49,9	49,8	980	30,4	66,4	3,1	0,546
24	19,8	22,1	0,386	11,9	0,897	49,8	49,7	866	30,6	67,0	2,3	0,498
25	18,7	22,5	0,365	12,3	0,816	49,9	49,9	842	30,2	67,1	2,5	0,533

DAP – diâmetro à altura do peito; HC - altura comercial até 8 cm de diâmetro; VCEL - volume para celulose; %CASCA - porcentagem de casca; VCIL - volume cilíndrico; RB - rendimento bruto; RD - rendimento depurado; VISC - viscosidade; LIG - teor de lignina; HOL - teor de holocelulose; EXT - teor de extrativos; DBM - densidade básica da madeira.

Tabela 4

Estimativas de correlações fenotípica (rf), genotípica (rg) e de ambiente (ra) entre pares de caracteres em 25 clones de *Eucalyptus* spp. aos 80 meses de idade.

(Estimates of phenotypic (rf), genetic (rg) and environmental (ra) correlations among characters pairs in 25 *Eucalyptus* spp. clones at 80 months old)

		HC	VCEL	%CASCA	VCIL	RB	RD	VISC	LIG	HOL	EXT	DBM
DAP	rf	0,69	0,88	0,17	0,97	0,01	0,01	0,46	0,18	-0,28	0,33	0,09
	rg	0,66	0,84	0,17	0,97	0,08	0,08	1,69	0,22	-0,31	0,35	0,23
	ra	0,79	0,85	0,16	0,98	-0,25	-0,24	-0,19	0,06	-0,21	0,29	-0,15
HC	rf		0,92	0,28	0,82	0,25	0,25	0,06	-0,04	0,03	-0,01	-0,10
	rg		0,96	0,43	0,84	0,49	0,49	0,77	-0,11	0,14	-0,12	-0,23
	ra		0,91	0,05	0,85	-0,24	-0,25	-0,24	0,10	-0,22	0,25	0,04
VCEL	rf			0,18	0,96	0,18	0,18	0,30	0,03	-0,08	0,11	-0,09
	rg			0,21	0,95	0,32	0,32	1,23	0,02	-0,03	0,06	-0,11
	ra			0,10	0,97	-0,28	-0,28	-0,18	0,06	-0,23	0,29	-0,06
%CASCA	rf				0,22	0,19	0,20	-0,33	-0,03	-0,14	0,31	0,32
	rg				0,24	0,29	0,30	-0,86	-0,06	-0,14	0,34	0,36
	ra				0,16	-0,24	-0,25	-0,08	0,08	-0,16	0,21	0,27
VCIL	rf					0,09	0,09	0,39	0,13	-0,22	0,25	0,03
	rg					0,18	0,18	1,44	0,17	-0,22	0,25	0,11
	ra					-0,26	-0,26	-0,17	0,01	-0,19	0,28	-0,11
RB	rf							0,99	-0,32	-0,78	0,80	-0,59
	rg							1,00	-0,89	-0,86	0,86	-0,60
	ra							0,99	0,00	-0,35	0,49	-0,51
RD	rf								-0,33	-0,78	0,80	-0,58
	rg								-0,90	-0,86	0,85	-0,60
	ra								0,01	-0,34	0,49	-0,51
VISC	rf									0,23	-0,35	0,39
	rg									0,57	-0,82	0,98
	ra									0,07	-0,15	0,10
LIG	rf										-0,89	0,50
	rg										-0,89	0,53
	ra										-0,87	0,37
HOL	rf											-0,84
	rg											-0,87
	ra											-0,72
EXT	rf											0,12
	rg											0,20
	ra											-0,05

DAP – diâmetro à altura do peito; HC - altura comercial; VCEL - volume para celulose; %CASCA - porcentagem de casca; VCIL - volume cilíndrico; RB - rendimento bruto; RD - rendimento depurado; VISC - viscosidade; LIG - teor de lignina; HOL - teor de holocelulose; EXT - teor de extrativos; DBM - densidade básica da madeira.

Os extrativos da madeira e a lignina são considerados de grande importância na polpação e, normalmente, causam prejuízos porque dificultam a impregnação de cavacos, consomem reagentes no cozimento e reduzem o rendimento, entre outros (Wehr e Barrichelo, 1993). De forma semelhante ao encontrado aqui, Barrichelo e Brito (1977), Barrichelo et al. (1983) e Perez (2002) reportaram correlações fenotípicas negativas entre rendimento depurado e lignina, reforçando a afirmativa acima.

Há uma tendência geral de as correlações genotípicas superarem as fenotípicas. Esta tendência evidencia que os efeitos ambientais têm diminuído o efeito das primeiras (Kageyama, 1980), muito embora os fatores genéticos apresentem-se mais importantes que os de ambiente na expressão de pelo menos um dos caracteres envolvidos (Paula, 1997).

CONCLUSÕES

Dos caracteres analisados, apenas para viscosidade da polpa não foram verificadas variações genéticas entre os clones.

As estimativas de herdabilidade, no sentido amplo, foram de alta magnitude para grande maioria dos caracteres, evidenciando o bom controle genético e a possibilidade de avanços genéticos expressivos com a seleção.

As estimativas de correlação entre os caracteres de crescimento e produção com os tecnológicos da madeira foram, em geral, de pequena magnitude, indicando a ausência de genes pleiotrópicos no controle destes e a expectativa de pequenos progressos genéticos pela seleção indireta.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

ANA LÍDIA TONANI TOLFO é doutoranda da UNESP - Universidade Estadual Paulista, junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), Campus Jaboticabal. E-mail: altonanitolfo@ig.com.br

RINALDO CESAR DE PAULA é Professor Doutor da UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Produção Vegetal, Campus Jaboticabal e Bolsita do CNPq - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - Jaboticabal, SP - 14884-900 - E-mail: rcpaula@fca.unesp.br

CESAR AUGUSTO VALENCISE BONINE é Engenheiro Florestal, MSc, Facilitador de P&D Florestal da Votorantim Celulose e Papel - Unidade Luiz Antônio - Rodovia SP 255 km 41,240 – Caixa

Postal 06 - Luiz Antônio, SP - 14210-000 - E-mail: cesar.bonine@vcp.com.br

ALEXANDRE BASSA é Engenheiro Florestal, MSc, Assistente P&D Pleno da Votorantim Celulose e Papel - Unidade Piracicaba - Via Comendador Pedro Morganti, 3393 - Bairro Monte Alegre - Piracicaba, SP - 13415-900 - E-mail: alexandre2@vcp.com.br

CELINA FERRAZ DO VALLE é Engenheira Florestal, MSc, Facilitadora de P&D Florestal da Votorantim Celulose e Papel - Unidade Luiz Antônio - Rodovia SP 255 km 41,240 – Caixa Postal 06 - Luiz Antônio, SP - 14210-000 - E-mail: celinafv@vcp.com.br

Os autores agradecem à Votorantim Celulose e Papel, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) da UNESP/Jaboticabal e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, F.T. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe agropecuário**, v.12, n.141, p.36-46, 1986.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Variações nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* e suas correlações com a produção de celulose. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 10, São Paulo, 1977. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1977. p.41-46

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; COUTO, H.T.Z.; CAMPINHOS JÚNIOR, E. Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento em celulose de madeira de *Eucalyptus grandis*. **Silvicultura**, v.8, n.32, p.802-808, 1983.

BRASIL, M.A.M.; VEIGA, R.A.A.; TIMONI, J.L. Erros na determinação da densidade básica da madeira. **Cerne**, v.1, n.1, p.55-57, 1994.

CARRILHO, S.T. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis***. Lavras, 1995. 29f. Monografia (Trabalho de graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras

CRUZ, C.D. **Programa genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2001. 648p.

DEMUNER, B.J.; BERTOLUCCI, F.L.G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e de polpa de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 26, São Paulo, 1993. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1993. p.411-423

- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).
- GARCIA, S.L.R. **Importância das características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de eucalipto**. Viçosa, 1998. 100p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa
- HILLIS, W.E. Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. **Appita**, v.26, n.9, p.113-122, 1972.
- KAGEYAMA, P.Y. **Varição genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill Maiden**. Piracicaba, 1980. 125p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- KAGEYAMA, P.Y.; MORA, A.L.; BARRICHELO, L.E.G.; MIGLIORINI, A.J.; SANSIGOLO, C.A. Variação genética para densidade da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis*. **Silvicultura**, v.8, n.28, p.318-324, 1983.
- LUSH, J.L. **Melhoramento dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: CEDEGRA, 1964. 566p.
- MACHADO, F.J.J.; GOMIDE, J.L.; CAMPOS, W.O.; CAPITANI, L.R. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus torelliana* e *Eucalyptus grandis* para produção de polpa Kraft. **O papel**, v.48, p.56-60, 1987.
- PAULA, R.C. **Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal**. Viçosa, 1997. 74p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa
- PAULA, R.C. **Variabilidade genética para densidade básica da madeira e para característica de crescimento e de eficiência nutricional em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn**. Viçosa, 1995. 126p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa
- PAULA, R.C.; BORGES, R.C.G.; PIRES, I.E.; CRUZ, C.D. Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn: 1- características de crescimento e densidade básica da madeira. **Revista árvore**, v.20, n.3, p.301-317, 1996a.
- PAULA, R.C.; BORGES, R.C.G.; BARROS, N.F.; PIRES, I.E.; CRUZ, C.D. Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn: 2- eficiência de utilização de nutrientes. **Revista árvore**, v.20, n.4, p.483-493, 1996b.
- PEREZ, J.F.R. **Avaliação de procedências de *Eucalyptus globulus* segundo a qualidade de sua madeira para a produção de celulose**. Piracicaba, 2002. 93p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 467p.
- SANTOS, P.E.T.; SCANAVACA JÚNIOR, L.; FERREIRA, M. Subsídios para aplicação do melhoramento genético visando a qualidade da madeira de Pinus. In: WORKSHOP "QUALIDADE DA MADEIRA EM Pinus", Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1993. p.1-29.
- SOUZA, V.R.; CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, v.33, p.65-72, 1986.
- SQUILLACE, A.E.; BINGHAM, R.T.; NAMKOONG, G.; ROBINSON, H.F. Heritability of juvenile growth rate and expected gain from selection in Western pine. **Silvae genetica**, v.16, n.1, p.1-6, 1967.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE AMERICAN PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI test methods**. Atlanta: TAPPI, 1999.
- TEIXEIRA, M.L.; SOARES, A.R. Avaliação da qualidade da celulose de diferentes procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **O papel**, v.53, p.40-44, 1992.
- THOMAZ, A.F. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna***. Lavras, 1995. 35f. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras
- TRUGILHO, P.F. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus* spp.** Viçosa, 1995. 160p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1987. p.137-214
- VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico, 1)
- WEHR, T.R.; BARRICHELO, L.E.G. Cozimentos kraft com madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes densidades básicas e dimensões de cavacos. **O papel**, v.54, p.33-41, 1993.
- XAVIER, A. **Aplicação da análise multivariada da divergência genética no melhoramento de *Eucalyptus* spp.** 1996. Viçosa, 1996. 126p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa
- XAVIER, A.; BORGES, R.C.G.; CRUZ, C.D.; CECON, P.R. Parâmetros genéticos de características de qualidade da madeira em *Eucalyptus grandis*. **Revista árvore**, v.21, n.1, p.71-78, 1997.
- ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley, 1984. 505p.