

II. GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS

VARIAÇÃO GENÉTICA DE COMPONENTES DO CRESCIMENTO EM PROGÊNIES JOVENS DE UMA POPULAÇÃO DE CLONES DE SERINGUEIRA⁽¹⁾

PAULO DE SOUZA GONÇALVES ^(2,6), ELIANA PATRÍCIA GORGULHO ⁽³⁾,
ANTONIO LÚCIO M. MARTINS ⁽⁴⁾, NELSON BORTOLETTO ⁽⁵⁾,
MÁRIO CARDOSO ^(3,6) e GUILHERME BERMOND ^(3,7)

RESUMO

O presente trabalho é um estudo da variação genética em progênies de meios-irmãos de clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. ADR. de Juss.) Muell. Arg.] selecionados fenotipicamente com base no vigor e na produção em uma população de trinta anos de idade do Instituto Agrônomico. O ensaio foi instalado na Estação Experimental de Pindorama (SP), sob o delineamento de blocos ao acaso com dezessete tratamentos e cinco repetições. As variáveis de crescimento (altura da planta, diâmetro do caule e número de lançamentos) foram avaliadas aos 12, 18 e 24 meses de idade. Com base nas análises da variância, estimaram-se parâmetros genéticos com o objetivo de quantificar o ganho genético esperado com a seleção em cada idade. Os resultados mostraram que o diâmetro do caule aos 12, 18 e 24 meses, com médias de 2,01, 3,06 e 4,68 cm respectivamente, confirmam o potencial de crescimento do material genético estudado. As herdabilidades no sentido restrito, estimadas ao nível de plantas, foram inferiores às obtidas ao nível de média de progênies para as variáveis estudadas. As estimativas dos dois tipos de herdabilidade foram de maiores valores para altura da planta e, a seguir, diâmetro do caule, mostrando as perspectivas de respostas à seleção dessas variáveis. As estimativas de ganhos genéticos com a seleção entre e dentro de progênies mostraram grandes avanços genéticos para as três variáveis, revelando a possibilidade de sucesso da seleção. Em função dos avanços verificados, concluiu-se que as estimativas de herdabilidade com o alto potencial de ganho genético para as variáveis diâmetro do caule e altura da planta, indicam que a seleção massal conduzida para essas variáveis proporciona efetivamente maior ganho na seleção.

Termos de indexação: seringueira, *Hevea brasiliensis*, herdabilidade, seleção, ganho genético, variâncias genéticas e fenotípicas.

ABSTRACT

GENETIC VARIATION OF GROWTH COMPONENTS IN YOUNG PROGENIES OF A RUBBER TREE CLONE POPULATION

This paper is a study of genetic variation among half-sib progenies of phenotypically selected rubber tree clones [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. ADR. de Juss.) Muell. Arg.] considered as the best in growth and yield performance in a mature clonal population of the Instituto Agrônomico

⁽¹⁾ Trabalho parcialmente financiado com recursos da FAPESP e do convênio IBAMA/EMBRAPA. Recebido para publicação em 16 de agosto de 1991 e aceito em 18 de setembro de 1992.

⁽²⁾ EMBRAPA, Programa Integrado de São Paulo, Programa Seringueira, Divisão de Plantas Industriais (DPI) do Instituto Agrônomico de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Programa Seringueira, DPI/IAC, Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽⁴⁾ Estação Experimental de Pindorama, IAC.

⁽⁵⁾ Estação Experimental de Votuporanga, IAC.

⁽⁶⁾ Com bolsa de pesquisa do CNPq.

⁽⁷⁾ Com bolsa de aperfeiçoamento do CNPq.

in Campinas, State of São Paulo, Brazil. The trial was established in field conditions at the Pindorama Experimental Station, under randomized complete block design with 17 progenies. Growth characters (height, stem diameter and number of whorls of leaves) were studied at 12, 18 and 24 months. Components of variance were estimated from the analysis in an attempt to quantify heritabilities and genetic gains. Data of stem diameters at the age of 12, 18 and 24 months with average of 2.01, 3.16 and 4.68 cm confirm the growth potential of the listed genetic material. The genetic variance among progenies estimated for height, stem diameter and number of whorls of leaves showed good precision. The narrow sense heritabilities at plant level were lower than those obtained for to the mean progeny level. Estimates of the different types of heritabilities were greater for height, followed by stem diameter. These evidences showed favorable to the perspectives for selection response of these characters. Genetic gain estimates for selection among and within progenies showed considerable genetic advances for all characters, revealing the possibility of successful selection within the trial. These results concerning heritabilities, as well as genetic gains, for height and stem diameter indicate that mass selection practiced on these characters is the best alternative for improving this population.

Index terms: rubber tree, *Hevea brasiliensis*, heritability, selection, genetic gain, genetic and phenotypic variances.

1. INTRODUÇÃO

A seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd.ex. ADR. de Juss.) Muell. Arg.] é uma planta alógama, cuja reprodução assexuada se traduz na forma de produção de mudas visando assegurar a integridade genotípica no estabelecimento de clones em seringais de cultivo.

O ciclo de melhoramento para a obtenção de clones compreende diversas etapas de seleção. Inicialmente, procura-se obter sementes de polinização aberta ou controlada, visando à formação de viveiros de cruzamento. Aos dois anos e meio, com base em vigor e tolerância a doenças, os ortetes são selecionados e clonados para testes em experimento de competição em pequena escala. Nessa etapa do ciclo, após o segundo ano de sangria, os clones promissores são multiplicados, passando a ser avaliados em experimentos de competição de clones em grande escala (ensaios regionais). Esta última etapa leva geralmente de 12 a 15 anos, até que se possa recomendar um clone para plantio em grande escala.

O sucesso de um esquema seletivo depende da variação genética disponível na população e, sobretudo, do valor relativo desta, diante da variação não genética. Estudos de variação genética em progênies de *Hevea*, que possibilitam estabelecer suporte para planejamento e conclusão de futuros esquemas de melhoramento genético têm sido objeto de investigação nos últimos tempos. Pesquisadores têm estimado as variâncias genéticas,

herdabilidades e ganhos genéticos para alguns caracteres agrônômicos, por diferentes modelos biométricos (Gilbert et al., 1973; Tan et al., 1975; Tan, 1979; Alike & Onokpise, 1982, e Ng & Subramaniam, 1987). No Brasil, trabalhos de estimativas de parâmetros genéticos em progênies de meios-irmãos dos mais variados caracteres foram desenvolvidos por Siqueira (1978), Valois et al. (1978), Paiva (1980) e Gonçalves et al. (1991).

O presente trabalho tem por objetivo estimar o comportamento e a magnitude dos parâmetros genéticos de progênies de clones superiores de *Hevea* para as variáveis de crescimento em diferentes idades de avaliação, provendo uma fonte de informações para a continuidade de programas de melhoramento genético com o gênero.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em 1989 na Estação Experimental de Pindorama, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), localizada na latitude de 21°13' S, longitude de 48°56' W e altitude de 560 m, em solo podzólico vermelho-amarelo TB eutrófico, de textura média, profundo, abrupto e bem drenado (Lepsch & Valadares, 1976).

Seu clima é do tipo tropical continental, com predominância de verão úmido, níveis de energia típicos do trópico e um período de inverno seco com temperatura e precipitações pluviais mais

reduzidas. Em geral, o confronto entre as chuvas mensais de evapotranspiração e de chuva resulta num equilíbrio hídrico favorável ao crescimento e à produção, de outubro a abril. As deficiências hídricas e os baixos níveis térmicos ocorrem de maio a setembro.

O material que compõe o estudo é constituído de 17 progênies de meios-irmãos obtidos de clones geneticamente superiores da coleção de clones do Centro Experimental de Campinas, descritos a seguir:

1. IAC 2, GT 711, PB 86, B 3363, PR 107, C 256, Tjir 1, AVROS 363 e PB 5/63: genótipos resultantes de seleção de *Hevea brasiliensis* de origem brasileira (IAC, B), Malaia (GT, PB, Tjir), Indonésia (PR, AVROS) e Liberiana (C).

2. Fx 25, RRIM 600, RRIM 513 e AVROS 1328: genótipos resultantes de cruzamentos intra-específicos de clones primários de *Hevea brasiliensis*, obtidos no Brasil (Fx), Malásia (RRIM) e Indonésia (AVROS).

3. Fx 3899, Fx 2784, Fx 652: genótipos amazônicos resultantes de cruzamentos interespecíficos de *Hevea benthamiana*, selecionada no Brasil, com *Hevea brasiliensis*, selecionada na Ásia.

4. IAN 2324: genótipo amazônico resultante do cruzamento interespecífico de *Hevea benthamiana* com *Hevea brasiliensis* exocruzado com clone primário de *Hevea brasiliensis* selecionado na Ásia.

As sementes coletadas no Centro Experimental de Campinas, em maio de 1988, foram postas a germinar em sacos de polietileno na Estação Experimental de Pindorama e transportadas para local definitivo com dois lançamentos foliares. Três meses após, as plântulas foram conduzidas ao campo sob o delineamento de blocos ao acaso com dezessete tratamentos e quatro repetições com dez plantas úteis por parcela no espaçamento de 1,5 x 1,5 m em linhas simples.

No período de dois anos, efetuaram-se três avaliações: a primeira aos 12 meses; a segunda aos 18 meses e a terceira aos 24 meses de idade.

De todas as plantas componentes do ensaio, anotaram-se as variáveis relacionadas a crescimento,

altura total expressa em metros, diâmetro do caule, medida feita com paquímetro tomado a 50 cm de altura do solo, expressa em centímetros, e número de lançamentos foliares, transformados para $\sqrt{x_i + 0,5}$ (Steel & Torrie, 1980). Para a análise estatística e determinação dos parâmetros genéticos, foram utilizados dados médios por parcela.

Todas as variáveis foram analisadas por idade. O modelo matemático adotado considerou todos os efeitos aleatórios, consistindo no seguinte:

$$Y_{ij\ell} = \mu + p_i + r_i + e_{ij\ell} + d_{ij\ell}$$

onde:

$Y_{ij\ell}$: observação relativa à planta ℓ , na repetição j da progênie i ;

μ : média geral;

p_i : efeito da progênie i ;

r_i : efeito da repetição j ;

$e_{ij\ell}$: erro experimental associado à progênie i na repetição j ;

$d_{ij\ell}$: efeito da planta ℓ dentro da parcela ij ($\ell = 1, 2, \dots, n$).

O esquema de análise da variância para cada idade é apresentado no quadro 1, seguindo as recomendações de Steel & Torrie (1980).

Devido a ter sido variável o número de plantas dentro da parcela (inicialmente, dez plantas por parcela), foi considerada a média harmônica do número de plantas dentro ($n = 7,485$) das mesmas.

A partir das análises da variância, foram obtidas as estimativas dos componentes de variância pela esperança matemática dos quadrados médios, segundo o esquema do quadro 1.

Calcularam-se as variâncias dentro das parcelas, utilizando dados individuais das plantas e, em seguida, considerou-se a média destas variâncias dentro, como o quadrado médio respectivo (σ_p^2).

Calculou-se a herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas (h^2) e de progênies ($h^2_{\bar{x}}$) para as variáveis de crescimento nas diferentes idades. Tais herdabilidades foram estimadas, segundo Venkovsky (1987), pelas fórmulas:

$$h^2 = \sigma_A^2 / (\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_p^2) \text{ e}$$

$$h^2_{\bar{x}} = \sigma_p^2 / (\sigma_d^2 / nr + \sigma_e^2 / n + \sigma_p^2).$$

O coeficiente de variação genética ($CV_G\%$) foi obtido mediante a expressão: $CV\% = 100 (\sqrt{\sigma^2 / \bar{x}})$. Analogamente, foi estimado o coeficiente de variação fenotípica, em que \bar{x} corresponde à média geral relativa a cada variável de crescimento.

A fim de detectar a variabilidade genética das variáveis na população em estudo, foi estimado o índice \hat{b} , conforme Vencovsky (1992) com o $b = CV_G / CV_E$ que representa a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, não influenciado, portanto, pela média da variável.

Para o cálculo do progresso esperado da seleção entre progênies (G_{s1}) e dentro de progênies (G_{s2}), empregaram-se fórmulas de Vencovsky (1987):

$$G_{s1} = k_1 (1/4) \sigma_A^2 / \sqrt{\sigma_F^2} \text{ e}$$

$$G_{s2} = k_2 (3/4) \sigma_A^2 / \sqrt{\sigma_d^2}$$

sendo:

k_1 e k_2 os coeficientes de seleção em unidade de desvio-padrão. Foram utilizadas pressões de 23,5%

para a seleção entre e 13,4% para a seleção dentro de progênies para cada variável de crescimento. Como o número de tratamentos é inferior a 50, para o cálculo de "K" usou-se a tabela XX de Fisher & Yates (1971).

O ganho genético obtido com a seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos, expresso em percentagens, foi calculado pela fórmula $Gs\% = (Gs/\bar{x}) 100$, em que \bar{x} representa a média geral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de cada progênie para cada uma das variáveis em estudo acham-se no quadro 2. Na comparação entre a altura da planta das diferentes progênie verificou-se que a Tjir 1 ($\bar{x} = 4,22$) apresentou a maior média, diferindo estatisticamente da progênie IAC 2 ($\bar{x} = 3,72$ m) e daquelas que apresentaram média inferior ao referido valor. A progênie RRIM 513 teve o maior diâmetro do caule ($\bar{x} = 3,68$ cm), diferindo significativamente a 1% daquelas que possuíam médias inferiores a 3,07 cm (AVROS 1328).

Os resultados obtidos das análises da variância individuais para as variáveis altura da planta, diâmetro de caule e número de lançamentos das

Quadro 1. Esquema da análise da variância e esperança dos quadrados médios E(Q.M.) segundo o delineamento de blocos casualizados ao nível de médias de parcelas para estudo das variáveis de crescimento de 17 progênies de meios-irmãos de seringueira em estudo na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Bloco	r - 1	—	—
Progênies	p - 1	QM ₁	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r \sigma_p^2$
Erro	rp - 1	QM ₂	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Dentro	N - rp	QM ₃	σ_d^2

σ_p^2 : variância genética entre médias de progênies, ao nível de plantas;

σ_d^2 : variância genética entre plantas, dentro de progênies;

σ_e^2 : variância de erro experimental entre parcelas, ao nível de plantas;

r e p : número de repetições e progênies respectivamente;

\bar{n} : número de plantas por parcela (média harmônica);

N : número total de plantas do experimento.

três idades encontram-se no quadro 3. As diferenças entre progênes foram altamente significativas para todas as variáveis, em todas as idades, mostrando um aumento dos valores com a idade. A altura da planta revelou a maior variação nas três idades, seguida do diâmetro do caule.

De modo geral, pode-se considerar que os coeficientes de variação experimental, obtidos para essas variáveis, mantiveram-se dentro dos limites aceitáveis de experimentação em seringueira (Siqueira, 1978; Valois et al., 1978; Paiva, 1980), indicando uma precisão satisfatória para suas

condições. Houve uma tendência de diminuição dos coeficientes de variação experimental para as três variáveis, à medida que foi aumentando a idade das plantas. Provavelmente essas diferenças sejam devidas à influência que a média das variáveis exerce, na estimação deste parâmetro, tendo em vista que a média aumentou à medida que as idades aumentaram.

No quadro 4 encontram-se as estimativas da variância genética entre progênes, variância genética aditiva, variância ambiental entre parcelas, variância fenotípica dentro de progênes, variância

Quadro 2. Médias e diferenças mínimas significativas de altura da planta, diâmetro do caule e número de lançamentos em três idades distintas de 17 progênes de meios-irmãos de seringueira em estudo na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Progênes	Altura da planta			Diâmetro do caule			Número de lançamentos		
	Idade (meses)			Idade (meses)			Idade (meses)		
	12	18	24	12	18	24	12	18	24
Fx 25	2,13	3,25	4,86	1,83	3,07	4,53	2,57	-	3,65
IAC 2	2,53	3,56	5,07	2,07	3,23	4,77	2,74	-	3,79
GT 711	2,92	4,00	5,59	2,22	3,46	5,06	2,79	-	3,69
Fx 652	2,14	3,02	4,61	1,93	3,08	4,51	2,62	-	3,67
RRIM 600	2,60	3,53	4,81	2,05	3,18	4,65	2,73	-	3,75
PB 86	2,71	3,31	5,59	2,23	3,57	5,17	2,72	-	3,83
B 3363	2,58	3,60	5,24	2,11	3,39	4,89	2,73	-	3,76
PB 5/63	2,51	3,65	5,24	2,17	3,36	5,11	2,69	-	3,75
PR 107	2,11	3,07	4,48	1,84	2,80	4,31	2,59	-	3,61
Tjir 1	2,84	4,00	5,83	2,27	3,56	5,05	2,75	-	3,80
AVROS 363	2,40	3,37	5,09	1,98	3,10	4,49	2,65	-	3,64
RRIM 513	2,71	3,70	5,26	2,20	3,54	5,31	2,66	-	3,69
Fx 3899	2,07	2,77	3,82	1,69	2,52	3,91	2,44	-	3,43
Fx 2784	1,87	2,60	3,84	1,63	2,59	4,02	2,49	-	3,50
C 256	2,65	3,63	5,18	2,08	3,29	4,77	2,68	-	3,74
IAN 2324	2,20	2,99	4,39	1,95	2,99	4,53	2,57	-	3,50
AVROS 1328	2,21	3,09	4,54	1,89	2,98	4,33	2,57	-	3,60
DMS 0,01	0,42	0,56	0,78	0,35	0,59	0,74	0,23	-	0,28
DMS 0,05	0,31	0,42	0,58	0,26	0,44	0,55	0,17	-	0,21

fenotípica entre plantas e entre média de progênes, obtidas ao nível de plantas individuais a partir dos quadrados médios para as três variáveis. Observa-se que as variâncias aumentam em magnitude à medida que aumenta a idade das plantas. Isso é observado de modo mais intenso para altura da planta e diâmetro do caule. Mudanças nas variâncias genéticas e ambientais com a idade para altura e diâmetro foram também observadas em eucaliptos (Eudridge, 1972), ciprestes (Dyson & Raunio, 1977) e pinheiros (Roberts et al., 1976). Segundo Sakai et al. (1968), as mudanças estão muito associadas ao fenômeno da competição entre as plantas e que gera um fator adicional denominado "variância competitiva" que estaria confundido na estimação das variâncias genética e ambiental.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, ao nível de plantas e ao nível de média de progênes, para as três variáveis de crescimento, em três épocas diferentes, são apresentadas no quadro 5. Para altura da planta e diâ-

metro do caule, as magnitudes dos coeficientes variam de 0,86 a 0,99 e 0,38 a 0,53 ao nível de plantas respectivamente. Os coeficientes de herdabilidade ao nível de médias de progênes foram em torno de 0,87 e 0,76 para altura da planta e diâmetro do caule respectivamente. Observam-se maiores herdabilidades para altura da planta, seguida do diâmetro do caule e, por fim, do número de lançamentos, resultados esses coerentes com os obtidos por Paiva (1980).

Para altura de plantas, as herdabilidades ao nível de médias de progênes obtidas para as diferentes idades foram de mesma magnitude às obtidas ao nível de plantas, mas para diâmetro do caule e número de lançamentos, foram bem superiores em relação às obtidas ao nível de plantas. Contrariamente às herdabilidades ao nível de plantas, os valores das herdabilidades ao nível de médias de progênes foram semelhantes nas três idades para as três variáveis.

Quadro 3. Média, quadrado médio da análise da variância e coeficiente de variação experimental ($\% \hat{C}\hat{V}_E$) para as variáveis de crescimento de 17 progênes de meios-irmãos de seringueira em três diferentes idades em estudo na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Idade	Variáveis ⁽¹⁾	Média do ensaio	Fontes de variação ⁽²⁾			$\hat{C}\hat{V}_E$
			Progênes	Entre	Dentro	
						%
12 meses	Alt. (m)	2,43	0,3754**	0,0488	0,2876	9,11
	Diâm.(cm)	2,01	0,1433**	0,0338	0,2574	9,15
	N.L. (unid)	2,65	0,0375**	0,0150	0,0482	4,63
18 meses	Alt. (m)	3,39	0,6946**	0,0884	0,4900	8,76
	Diâm. (cm)	3,16	0,4050**	0,0963	0,4681	9,01
	N.L. (unid)	-	-	-	-	-
24 meses	Alt. (m)	4,91	1,3223	0,1708	0,7893	8,41
	Diâm. (cm)	4,68	0,6382**	0,1518	0,9835	8,33
	N.L. (unid)	3,67	0,0512**	0,0225	0,0800	4,08

⁽¹⁾ Alt., Diâm. e N.L.: correspondem, respectivamente, às variáveis altura, diâmetro e número de lançamentos da planta.

⁽²⁾ Os números de grau de liberdade de progênes, erro entre e dentro são 16, 48 e 470 respectivamente comuns às três idades.

** : P > 0,01.

Para os dois tipos de herdabilidade, vale ressaltar que a obtida para a altura da planta sempre se revelou de maior magnitude que para o diâmetro do caule e esta, por sua vez, de que para o número de lançamentos foliares. Como na definição da estratégia de melhoramento com a seringueira a herdabilidade das variáveis de crescimento tem um papel fundamental, é bastante válido o que coloca Toda (1972) no que se refere ao método de melhoramento que se deve aplicar a cada variável e em cada ciclo de seleção. As variáveis com herdabilidade notadamente alta podem ser efetivamente melhoradas mediante seleção massal, enquanto, para as que apresentam baixa herdabilidade, a seleção por progênie seria mais eficiente.

Para obtenção das estimativas das herdabilidades apresentadas, considerou-se a relação meios-irmãos para as progênies envolvidas, assim como

se considerou negligível a ocorrência de endogamia na população base em estudo, condições indispensáveis preconizadas por Vencovsky (1969). Segundo Namkoong (1966), com a presença de endogamia ou por ocorrência de autofecundação ou por restrição no tamanho da população, o teste de progênie de polinização aberta aumentaria as estimativas da variância genética. Não existe ainda indicação segura sobre o papel da autofecundação no sistema reprodutivo da seringueira. Segundo Bouychou (1969) e Ferwerda (1969), existem evidências de que haja predominância de alogamia nas populações de pés francos de seringueira, embora Simmonds (1989) e Paiva (1992) relatem uma taxa significativa, em torno de 20% de autofecundação, em plantios racionais e em populações nativas respectivamente. Dessa forma, as estimativas obtidas dos parâmetros genéticos da população de seringueira estudada poderão estar superestimadas se

Quadro 4. Estimativas da variância genética entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), variância ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_e^2$), variância fenotípica dentro de famílias ($\hat{\sigma}_d^2$), variâncias fenotípicas entre plantas ($\hat{\sigma}_F^2$) e entre médias de progênies ($\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2$), referentes a três variáveis de crescimento em três idades distintas de 17 progênies de meios-irmãos de seringueira em estudo na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Parâmetros	Altura da planta			Diâmetro do caule			Nº de lançamentos		
	Idade (meses)			Idade (meses)			Idade (meses)		
	12	18	24	12	18	24	12	18	24
$\hat{\sigma}_p^2$	0,0816	0,1515	0,2879	0,0274	0,0772	0,1216	0,0056	-	0,0072
$\hat{\sigma}_A^2$	0,3266	0,6062	1,1515	0,1095	0,3086	0,4865	0,0225	-	0,0287
$\hat{\sigma}_e^2$	0,0104	0,0229	0,0653	0,0006	0,0338	0,0204	0,0086	-	0,0118
$\hat{\sigma}_d^2$	0,2876	0,4900	0,7893	0,2574	0,4681	0,9835	0,0482	-	0,0800
$\hat{\sigma}_F^2$	0,3796	0,6644	1,1425	0,2842	0,5791	1,1255	0,0624	-	0,0990
$\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2$	0,0939	0,1736	0,3306	0,0358	0,1012	0,1595	0,0094	-	0,0128

houver endogamia. No entanto, a relação entre as herdabilidades para as variáveis estudadas não é alterada por esse fenômeno, não invalidando, portanto, essa conclusão.

As estimativas dos coeficientes de variação genotípica e fenotípica, para altura da planta, diâmetro do caule e número de lançamentos, nas três idades, são mostradas no quadro 6. O coeficiente de variação genotípica que expressa, em porcentagem da média geral, a quantidade de variação genética existente entre progênies, revelou valores similares para as em cada uma das três variáveis. Os valores obtidos para altura da planta e diâmetro do caule, quando comparados com os dados de populações panmíticas em geral mostram razoável variação genética, que pode ser explorada por seleção. De acordo com Valois et al. (1980), o conhecimento deste coeficiente tem muita importância num programa de melhoramento genético, por indicar a amplitude de variação genética de uma variável, tendo em vista o seu potencial de melhoramento. Já as estimativas dos coeficientes de variação fenotípica ($\hat{C}V_F\%$) mostraram um decréscimo em relação ao aumento da idade.

O índice "b" - Quadro 6 - parâmetro que auxilia na detecção de variabilidade genética em uma população, foi estimado para as três variáveis nas três idades, mostrando valores mais elevados para

altura da planta, com média de 1,30, vindo a seguir o diâmetro do caule, com 0,90 e, por último, o número de lançamentos, com 0,60. Segundo Vencovsky (1987), quando essa relação é igual ou maior que 1,0, em ensaios de progênies de milho, a condição é altamente favorável para a seleção. A julgar pelos valores mostrados, pode-se deduzir que a condição mais favorável para a seleção dentro do ensaio seria para altura da planta, seguida do diâmetro do caule. De fato, o reduzido erro experimental e a maior herdabilidade associados a essas duas variáveis confirmam essa afirmativa.

No quadro 7, acham-se as predições de ganhos genéticos obtidos com a seleção entre e dentro de progênies, para as variáveis independentes. Nos dois tipos de seleção, os ganhos esperados nesta população variaram consideravelmente entre as variáveis. Assim, para a altura da planta, nas três diferentes idades, os ganhos oscilaram entre 12,62 e 13,57% na seleção entre progênies (G_{s1}) e 16,92 e 37,48% na seleção dentro de progênies (G_{s2}) sobre a média original. Para o diâmetro do caule, os progressos esperados oscilaram de 3,22 a 9,50% e 11,16 a 23,21% no G_{s1} e no G_{s2} respectivamente. Deve-se ressaltar que as variações das herdabilidades diretamente envolvidas nessas predições não foram determinantes na variação dos ganhos estimados.

Quadro 5. Estimativas de coeficientes de herdabilidade ao nível de plantas individuais (h^2), ao nível de média de progênies ($h^2_{\bar{x}}$) referentes a três variáveis de crescimento em três idades distintas de 17 progênies de meios-irmãos de seringueira em estudo na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Variáveis	h^2	Idade (meses)		
		12	18	24
Altura da planta, m	h^2	0,8603	0,9123	0,9900
	$h^2_{\bar{x}}$	0,8695	0,8727	0,8704
Diâmetro do caule, cm	h^2	0,3853	0,5329	0,4323
	$h^2_{\bar{x}}$	0,7654	0,7625	0,7621
Número de lançamentos, unidade	h^2	0,3603	-	0,2899
	$h^2_{\bar{x}}$	0,5957	-	0,5625

h^2 e $h^2_{\bar{x}}$: herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas e ao nível de média respectivamente, nas diferentes idades estudadas.

Quadro 6. Estimativas dos coeficientes de variação genotípica ($\hat{C}V_G$), fenotípica ($\hat{C}V_F$) e índice "b", envolvendo três variáveis de crescimento, de 17 progênies de meios-irmãos de seringueira em estudo na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Variáveis	Idade	Estimativas		
		$\hat{C}V_G$	$\hat{C}V_F$	"b" ⁽¹⁾
		%	%	
Altura da planta, m	12 meses	11,76	25,36	1,29
	18 meses	11,48	24,05	1,31
	24 meses	10,93	21,78	1,30
Diâmetro do caule, cm	12 meses	8,24	26,52	0,90
	18 meses	8,79	24,08	0,89
	24 meses	7,45	22,67	0,89
Nº de lançamentos foliares, unidade	12 meses	2,82	9,43	0,61
	18 meses			
	24 meses	2,31	8,57	0,57

(¹) Índice "b" = $\hat{C}V_G/\hat{C}V_E$.

Quadro 7. Estimativas de ganhos genéticos (%) com a seleção entre e dentro de progênies, envolvendo três variáveis de crescimento em três idades distintas e combinadas, de 17 progênies de meios-irmãos de seringueira em estudo na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Variáveis	Nível de seleção	Idade (meses)		
		12	18	24
Altura da planta, m	Entre progênies	13,57	13,28	12,62
	Dentro de progênies	26,69	16,92	37,48
	Total	40,26	30,20	50,10
Diâmetro do caule, cm	Entre progênies	8,92	9,50	3,22
	Dentro de progênies	23,21	15,20	11,16
	Total	32,13	24,70	14,38
Nº de lançamentos foliares, unidade	Entre progênies	2,70	-	2,15
	Dentro de progênies	4,12	-	2,65
	Total	6,82	-	4,80

Entre progênies: Seleção de 23,5% das progênies ($K_1 = 1,24$) em porcentagem da média das progênies.

Dentro de progênies: Seleção de 13,4% das progênies ($K_2 = 1,42$) em porcentagem da média das progênies.

O emprego do método de seleção entre progênies de meios-irmãos, segundo Paiva (1980), possibilita a avaliação das variáveis durante anos em cada ciclo de seleção, até o florescimento das plantas, obtendo-se, com isso, uma redução dos efeitos de interação com idade e ganho genético tanto do lado masculino como do feminino. Para os caracteres em estudo nesse tipo de seleção, obteve-se o maior ganho genético para a altura da planta, decorrente da maior variabilidade genética do tipo aditiva detectada nessa população. Os ganhos genéticos esperados com a seleção dentro de progênies foram sempre superiores aos ganhos estimados para a seleção entre progênies, para as três variáveis, devido à ocorrência de alta variação dentro da família.

4. CONCLUSÕES

1. Os dados médios de altura de plantas, diâmetro do caule e número de lançamentos revelaram um potencial expressivo do material genético em teste.

2. A população-base em estudo apresentou variações genéticas significativas entre progênies para altura de plantas, diâmetro do caule e número de lançamentos aos 12, 18 e 24 meses de idade, mostrando um potencial da população que pode ser explorado em termos de seleção e continuidade de melhoramentos com a espécie.

3. As estimativas do coeficiente de herdabilidade, no sentido restrito, ao nível de média de progênies, para todas as variáveis, mantiveram-se sempre superiores às estimativas ao nível de plantas, indicando, portanto, que a seleção com base em médias de progênies conduz efetivamente a maior ganho genético.

4. Entre as estimativas de ganhos genéticos com a seleção entre e dentro de progênies, nas diferentes idades, constatou-se a viabilidade e o maior ganho genético quando utilizada a seleção dentro de progênies.

5. As estimativas de ganhos genéticos na seleção fenotípica dos clones que geraram as progênies utilizadas no ensaio, mostram um avanço genético considerável para todas as variáveis nas

três idades, sendo os ganhos mais expressivos, na ordem, para altura da planta, diâmetro do caule e número de lançamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIKA, J.E. & ONOKPISE, O.V. Estimation of heritability parameter for yield and bark tickness in rubber (*Hevea brasiliensis*) from a single pair mating (S.P.M.) design. *Journal of Plantation Crops*, Kasaragod, 10(2):102-108, 1982.
- BOUYCHOU, J.G. La biologie de l'Hevea. *Revue Générale de Caoutchouc et des Plastiques*, Paris, 40:933-1001, 1969.
- DYSON, W.G. & RAUNIO, A. Revised heritability estimates for *Cypressus lusitanica* in east Africa. *Silvae Genetica*, Frankfurt, 26(5/6):193-196, 1977.
- ELDRIDGE, K.G. Genetic variation in the growth of *Eucalyptus regnans* from altitudinal transect of Mount Erica, Victoria. *Bulletin Forestry and Timber Bureau*, Canberra, (46):1-71, 1972.
- FERWERDA, F.P. Rubber (*Hevea brasiliensis* (Wild.) Müll. Arg. In: FERWERDA, F.P. & WIT, F., eds. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Wageningen, H. Veenman & Zonen, 1969. p.427-458. (Miscellaneous papers, 4)
- FISHER, R.A. & YATES, F. *Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura*. São Paulo, EDUSP/Polígono, 1971. 150p.
- GILBERT, N.E.; DODDS, K.S. & SUBRAMANIAM, S. Progress of breeding investigations with *Hevea brasiliensis*: V. Analysis of data from earlier clones. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya*, Kuala Lumpur, 23(5):365-380, 1973.
- GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; COLOMBO, C.A.; ORTOLANI, A.A.; MARTINS, A.L.M. & SANTOS, I.C.I. dos. Variabilidade genética da produção anual da seringueira: estimativas de parâmetros genéticos e estudo de interação genótipo x ambiente. *Bragantia*, Campinas, 49(2):305-320, 1990.
- LEPSCH, I.F. & VALADARES, J.M.A. da S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, SP. *Bragantia*, Campinas, 35(1):13-40, 1976.
- NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. *Forest Science*, Madison, 12:8-13, 1966.
- NG, B.H. & SUBRAMANIAM, S. Variation in *Hevea brasiliensis*: I. Yield and girth data of the 1937 hand pollinated seedlings. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, 24(2):69-74, 1974.

- PAIVA, J.R. de. *Estimativas de parâmetros genéticos em seringueiras (Hevea sp.) e perspectivas de melhoramentos*. Piracicaba, 1980. 92p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ-USP, 1980.
- PAIVA, J.R. de. *Variabilidade enzimática em populações naturais de seringueira (Hevea brasiliensis (Wild. ex. ADR. de Juss.) Müell. Arg.)*. Piracicaba, 1992. 145p. Tese (Doutorado) - ESALQ-USP, 1992.
- PAIVA, J.R. de; MIRANDA FILHO, J.B. de; SIQUEIRA, E.R. de & VALOIS, A.C.C. *Predição do ganho genético de alguns caracteres em seringueira em três esquemas de seleção*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(11):1647-1653, 1982.
- ROBERTS, J.H.; NAMKOONG, G. & DAVEY, C. *Family variation in growth response of loblolly pine to fertilizers with urea*. *Forest Science*, Madison, 22(3):291-299, 1976.
- SAKAI, K.I.; MUKAIDE, H. & TOMITA, K. *Intraspecific competition in forest trees*. *Silvae Genetica*, Frankfurt, 17(1):1-5, 1968.
- SIMMONDS, N.W. *Rubber breeding*. In: WEBSTER, C.C. & BAULKWILL, W.J., eds. *Rubber*. London, Longman, 1989. cap.3, p.85-124.
- SIQUEIRA, E.R. *Estimativa de parâmetros genéticos de seringueira (Hevea sp.) em condições de viveiro*. Viçosa, 1978. 34p. Dissertação (Mestrado) - UFV, 1978.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TAN, H. *Heritabilities of six biometrical characters of single pair mating families in Hevea brasiliensis*. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, 27(3):127-131, 1979.
- TAN, H.; MUKHERJEE, T.K. & SUBRAMANIAM, S. *Estimates of genetic parameters of certain characters in Hevea brasiliensis*. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, 46:181-190, 1975.
- TODA, R. *Heritability problems in forest genetics*. In: IUFRO GENETICS SABRAO JOINT SYMPOSIA, Tokyo, 1972. *Proceedings*. Tokyo, 1972. Section A-3, v.1, p.1-9.
- VALOIS, A.C.C.; PINHEIRO, E.; CONCEIÇÃO, H.E.O. & SILVA, M.N.C. *Competição de porta-enxertos de seringueira (Hevea spp.) e estimativas de parâmetros genéticos*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 13(2):49-54, 1978.
- VALOIS, A.C.C.; SCHIMIDT, G.S. & ZANOTTO, M.D. *Análise de qualidade e quantidade de grãos em população de milho (Zea mays)*. Piracicaba, ESALQ, 1980. 53p.
- VENCOVSKY, R. *Genética quantitativa*. In: KERR, W.E., org. *Melhoramento e genética*. São Paulo, Melhoramentos, 1969. p.17-38.
- VENCOVSKY, R. *Herança quantitativa*. In: PATERNIANI, E. & VIÉGAS, G.P., coords. *Melhoramento e produção de milho*. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1987. cap.5, p.137-214.
- VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. *Componentes da variação fenotípica: análise em um ambiente*. In: VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992. cap.3, p.83-232.