

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE PROGÊNIES EM MEIOS-IRMÃOS DE SERINGUEIRA EM DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO¹

PAULO DE SOUZA GONÇALVES², NELSON BORTOLETTO³, WAGNER RODRIGUES DOS SANTOS⁴,
ALTINO ALDO ORTOLANI⁵, MARIA VITÓRIA C. GOTTARDI⁶ e ANTONIO LÚCIO MELLO MARTINS⁷

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial genético de progênies de meios-irmãos de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Müll. Arg.] em três diferentes locais do Estado de São Paulo. Progênies de 22 genótipos foram obtidas de uma população-base introduzida da Malásia. As variáveis estudadas foram a produção, avaliada por três testes precoces, e o vigor avaliado por meio de quatro incrementos anuais do caule. A produção e o incremento, dentro de cada local, apresentaram variações genéticas semelhantes entre progênies em relação às variáveis estudadas. Foram detectadas variações genéticas entre progênies somente quanto ao incremento. O efeito de locais foi significativo e bastante expressivo em todas as avaliações da produção e do incremento. Os efeitos da interação de progênies por locais foram significativos nas três últimas avaliações de incremento, refletindo-se na redução das herdabilidades e portanto na seleção de locais em conjunto. As estimativas das herdabilidades no sentido restrito foram similares às obtidas entre plantas dentro de progênies que, por sua vez, foram inferiores às obtidas na média das progênies em relação a ambas as variáveis estudadas. As estimativas de ganhos genéticos com a seleção entre e dentro de progênies mostraram grandes avanços genéticos em relação às duas variáveis estudadas, revelando grande possibilidade de sucesso da seleção dentro de cada experimento.

Termos para indexação: *Hevea brasiliensis*, herdabilidade, variância genética, ganho genético, variância fenotípica.

GENETIC EVALUATION OF RUBBER TREE HALF-SIB PROGENIES IN DIFFERENT REGIONS OF SÃO PAULO, BRAZIL

ABSTRACT - The objective of this paper was to evaluate the genetic potential of half-sib progenies of rubber tree [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Müll. Arg.] in three different locations of the State of São Paulo, Brazil. For the study, progenies of 22 genotypes were obtained from a base population of Malaysia. Yield and vigour expressed by three tapping tests and four annual girth increment, respectively, were the studied characters. The results of the analysis show that in each individual yield test and annual girth increment, evaluation for each location, similar genetic variations were detected among progenies for both characters. In the combined analysis, genetic variations were detected among progenies for annual girth increment. The effect of locations was significant for all locations. Progenies x locations interaction was significant for the last three girth annual increments, which reflected on the reduction of the heritabilities and, therefore, on selection for localities. The strict sense heritabilities at plant level were similar to those obtained within the progenies. These heritabilities were lower than those obtained at mean progeny level for both characteristics. The genetic gain estimates for selection among and within progeny showed considerable genetic advances revealing the possibility of successful selection within each trial.

Index terms: *Hevea brasiliensis*, heritability, genetic gain, genetic variances, phenotypic variances.

¹ Aceito para publicação em 2 de dezembro de 1997.

Trabalho realizado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

² Eng. Agr., Dr., Embrapa/IAC, Programa Integrado, São Paulo, Programa Seringueira, Centro de Café e Plantas Tropicais, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP. Bolsista do CNPq. E-mail: paulog@ceres.ccc.iac.br

³ Eng. Agr., Núcleo de Agronomia do Noroeste, Centro de Ação Regional/IAC, Caixa Postal 401, CEP 15500-000 Votuporanga, SP.

⁴ Eng. Agríc., M.Sc., Programa Seringueira, Centro de Café e Plantas Tropicais/IAC, Campinas, SP.

⁵ Eng. Agr., Dr., Climatologia Agrícola, Centro de Ecofisiologia e Biofísica/IAC, Caixa Postal 28, CEP 13001-970, Campinas, SP.

⁶ Eng. Agr., M.Sc., Programa Seringueira, Bolsista da FAPESP.

⁷ Eng. Agr., M.Sc. Estação Experimental de Pindorama, Centro de Ação Regional/IAC, Caixa Postal 24, CEP 15830-000 Pindorama, SP.

INTRODUÇÃO

No melhoramento genético da seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Müll. Arg.] o caráter primário é a produção de látex, seguida do vigor. A técnica usual para melhorar esses caracteres tem sido a seleção fenotípica dos paternos, a hibridização, e, finalmente, a seleção clonal. Recentemente, tem sido utilizada extensivamente a seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos, principalmente em função da facilidade prática de obtenção desse tipo de progênies.

Em estudos recentes, conduzidos no Estado de São Paulo, tem-se enfatizado o uso de parâmetros que auxiliam a discernir a variabilidade, para posterior seleção de genótipos superiores. Diversos trabalhos mostram que os modelos aditivo-dominantes, desenvolvidos e utilizados até agora, pressupõem que as diferenças genéticas e ambientais contribuem, independentemente umas das outras, para a variação fenotípica. Nesse contexto, trabalhos para a obtenção de variâncias genéticas, herdabilidades e progresso com a seleção em progênies de meios-irmãos dos mais variados caracteres foram desenvolvidos por Siqueira (1978), Paiva (1980), Gonçalves et al. (1990, 1995, 1996), Moreti et al. (1994) e Boock et al. (1995). Como esses parâmetros dependem da estrutura genética da população e das condições ambientais, admite-se que os efeitos genotípicos modificam-se conforme o ambiente. Sendo assim, pouco vale utilizar parâmetros estimados em um local para previsão do progresso genético de certa população sob seleção em outro local. A avaliação de uma população de genótipos em diferentes ambientes permite a estimativa de parâmetros genéticos estatísticos que visam quantificar a interação genético x ambiente presente na expressão fenotípica de uma população. Esse conhecimento orienta o planejamento, além de ser determinante na questão de estabilidade fenotípica das cultivares em uma região (Vencovsky & Barriga, 1992).

O presente trabalho teve por finalidade avaliar o potencial genético da produção e o vigor em progênies de meios-irmãos de seringueira.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas, no estudo, progênies de meios-irmãos obtidas de 22 clones selecionados fenotipicamente com vistas à produção e vigor de uma população de *Hevea brasiliensis* (população-base) estabelecida em 1952 (Gonçalves et al., 1991), no Centro Experimental de Campinas, com mudas enxertadas de clones de origem asiática (Tabela 1).

As sementes correspondentes a cada progênie foram germinadas, repicadas para sacos de polietileno, e, após seis meses de desenvolvimento, transplantadas para o local definitivo; foram eliminadas as que não tinham alcançado dois lançamentos foliares. Os experimentos foram instalados nas estações experimentais de Pindorama, Votuporanga e Jaú (Tabela 2).

O delineamento utilizado, nos três locais, foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. As parcelas foram lineares, constituídas de dez plantas, no espaçamento de 1,5 x 1,5 m.

Os experimentos foram avaliados nos quatro primeiros anos, coletando-se dados de vigor expresso pelo perímetro do caule e pela produção de borracha seca. Para determinação do vigor, foi medido o perímetro do caule a 20 cm de altura, em intervalos anuais, durante quatro anos

TABELA 1. Relação de clones selecionados da população-base originados da coleção de clones asiáticos estabelecidos no Instituto Agrônomo de Campinas.

Clones ¹	Ancestrais	Origem
AVROS 49	Clone primário	Sumatra
AVROS 255	AVROS 36 III	Sumatra
AVROS 352	AVROS 164 x AVROS 161	Sumatra
AVROS 363	—	Sumatra
AVROS 1126	—	Sumatra
AVROS 1328	AVROS 214 x AVROS 317	Sumatra
C 228	—	Libéria
C 256	—	Libéria
C 259	—	Libéria
C 290	—	Libéria
C 297	—	Libéria
C 318	—	Libéria
GT 127	Clone primário	Java
GT 711	Clone primário	Java
PR 107	Clone primário	Malásia
PB 49	Clone primário	Malásia
PB 86	Clone primário	Malásia
PB 5/63	PB 56 x PB 24	Malásia
RRIM 513	Pil B16 x Pil A44	Malásia
RRIM 600	Tjir x PB 86	Malásia
Tjir 1	Clone primário	Java

¹ AVROS: Algemeene Vereniging Rubberplanters Oostkust Sumatra; C: Cavala; GT: Gondang Tapen; PR: Proefstation voor Rubber; PB: Prang Besar; RRIM: Rubber Research Institute of Malaysia; Tjir: Tjirandji.

TABELA 2. Características geográficas dos locais de experimentação relativa ao estudo de progênies no Estado de São Paulo¹.

Característica	Local		
	Votuporanga	Pindorama	Jaú
Altitude (m)	450	562	580
Latitude	20°20'S	21°13'S	22°17'S
Longitude	49°58'W	48°56'W	48°34'W
Precipitação anual (mm)	1437	1538	1421
Temperatura média anual (°C)	22,8	22,2	21,8
Tipo de solo	Podzolizado de Marília	Podzolizado de Lins	Terra roxa estruturada

¹ Dados obtidos na seção de Climatologia Agrícola do IAC.

consecutivos. Foi utilizado, nas análises, o incremento anual do caule, obtido pela diferença das avaliações posteriores com as anteriores.

No quarto ano de idade, as plântulas foram submetidas a avaliação da produção mediante testes precoces de produção, pelo método de Hamaker Morris-Mann (Teste HMM) em plântulas dessa idade (Tan & Subramaniam, 1976). Foram conduzidos três testes de dez cortes descendentes, a partir de 15 cm do solo, em meia espiral, a cada três dias (1/2S, d/3), nas plântulas de cada progênie, com intervalos de um mês de descanso entre os testes. Os resultados foram expressos por testes, em gramas, de borraça seca por corte/plântula.

Na análise de variância individual, referente aos dados de cada avaliação, em cada local, tanto no tocante aos quatro incrementos anuais do caule quanto nos três testes de produção, consideraram-se todos os efeitos como aleatórios, exceto a média, conforme o seguinte modelo matemático.

$$Y_{ijl} = \mu + p_i + b_j + e_{ij} + d_{ijl}$$

onde: Y_{ijl} : é o valor observado na planta l , na repetição j dentro da progênie i ;

μ : média geral ;

p_i : efeito aleatório da variável i ésima progênie ($i = 1, 2, \dots, p$) ;

b_j : efeito da repetição j ($j = 1, 2, \dots, b$) ;

e_{ij} : efeito do erro experimental associado à progênie i da parcela j ;

d_{ijl} : desvio inerente à planta l , dentro da parcela ij .

A análise de variância conjunta em cada avaliação, por local, foi efetuada a partir das médias de progênies. O modelo matemático referente à análise conjunta dos locais com tratamentos e locais considerados como efeitos aleatórios, é o seguinte:

$$Y_{ijlm} = \mu + t_i + a_j + (pa)_{ij} + e_{ijl} + d_{ijlm}$$

onde: Y_{ijlm} - é a observação da planta m , da progênie i , no bloco j no local l ;

μ : é a média geral;

p_i : é o efeito da variável da i ésima progênie ($i = 1, 2, \dots, p$);

a_j : é o efeito do j ésimo local ($j = 1, 2, \dots, b$);

$(pa)_{ij}$: é o efeito da interação i ésima progênie com o j ésimo local;

e_{ijl} : é o efeito do erro experimental;

d_{ijlm} : desvio inerente à planta m da progênie i , bloco j no local l .

As estimativas dos parâmetros genéticos referentes à produção e ao incremento anual do caule foram efetuadas individualmente, de acordo com as diferentes idades, e em conjunto; o objetivo principal foi avaliar a evolução das variâncias com a idade, em conjunto. As estimativas dos componentes de variâncias individuais e conjuntas (Tabela 3) foram obtidas de acordo com Vencovsky & BARRIGA (1992).

Pelo fato de o número de plantas dentro da parcela ter sido variável (inicialmente foram dez plantas por parcela), foi considerada a média harmônica do número de plantas dentro de progênies, em cada teste/idades de avaliação quanto a ambas as variáveis.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade de plantas individuais (h_i^2), dentro de progênies (h_d^2) e entre médias de progênies (h_x^2), para a avaliação da produção por teste e incremento anual do caule, foram calculadas pelas fórmulas apresentadas por Vencovsky & BARRIGA (1992) como:

$$h_i^2 = 4\sigma_p^2 / (\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_p^2);$$

TABELA 3. Esquema de análise de variância individual e conjunta com base em médias de parcelas e esperança dos quadrados médios [E (QM)] segundo delineamento de blocos casualizados de plantas individuais¹.

Fontes de variação	GL	QM	E (QM)
Análise individual			
Repetição	r-1		
Progênie	p-1	QM ₁	$\sigma_d^2/\bar{n} + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$
Resíduo	(r-1)(p-1)	QM ₂	$\sigma_d^2/\bar{n} + \sigma_e^2$
Dentro de parcelas	ΣN_1	QM ₃	σ_d^2
Análise conjunta			
Repetição/locais	(r-1)l	QM ₁	$\sigma_d^2/\bar{n} + \sigma_e^2 + p\sigma_p^2$
Progênie	p-1	QM ₂	$\sigma_d^2/\bar{n} + \sigma_e^2 + r\sigma_{pl}^2 + lr\sigma_p^2$
Locais	l-1	QM ₃	$\sigma_d^2/\bar{n} + \sigma_e^2 + r\sigma_{pl}^2 + p\sigma_r^2 + pr\sigma_e^2$
Progênie x locais	(p-1)(l-1)	QM ₄	$\sigma_d^2/\bar{n} + \sigma_e^2 + r\sigma_{pl}^2$
Resíduo médio	ΣN_2	QM ₅	$\sigma_d^2/\bar{n} + \sigma_e^2$
Dentro de parcelas	ΣN_1		σ_d^2

σ_p^2 = variância da repetição dentro dos locais; σ_d^2 = variância dentro de parcelas; σ_e^2 = variância entre parcelas de plantas; σ_p^2 = variância entre progênie de plantas; σ_{pl}^2 = variância da interação de progênie nos locais; GL = grau de liberdade; r = número de repetições; p = número de progênie; \bar{n} = número de plantas por parcela (média harmônica); ΣN_1 = somatória do número de graus de liberdade dentro de parcelas; ΣN_2 = somatória do número de graus de liberdade para os erros das análises individuais; ΣN_1 = somatória dos números de graus.

$h_d^2 = 3 \sigma_p^2 / \sigma_d^2$, considerando que dentro das progênie de meios-irmãos existe só 3/4 da variância genética aditiva,

e $h_{\bar{x}}^2 = \sigma_p^2 / (\sigma_d^2 / nr + \sigma_e^2 / r + \sigma_p^2)$.

As estimativas de variâncias a partir da análise conjunta, nos três locais, visando principalmente extrair da variância entre progênie o componente da interação progênie por locais, foram obtidas através da esperança dos quadrados médios da análise de variância conjunta (Tabela 3).

As estimativas de coeficientes de herdabilidade de cada etapa em conjunto, nos três locais, em plantas individuais (h_j^2) e entre médias de progênie de meios-irmãos ($h_{\bar{x}}^2$), foram obtidas segundo Vencovsky (1987) como:

$h_j^2 = 3 \sigma_p^2 / (\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_p^2)$;

$h_{\bar{x}}^2 = \sigma_p^2 / (\sigma_d^2 / lr\bar{n} + \sigma_e^2 / r + \sigma_{pe}^2 / l + \sigma_p^2)$.

O coeficiente de variação genética (CV_g), tanto da etapa individual do experimento por local como da produção de testes e incrementos por locais em conjunto, foi obtido como:

$CV_g (\%) = 100 \cdot \sqrt{\sigma_p^2} / \bar{x}$

As estimativas de progressos genéticos relativos à seleção, nos ensaios, foram obtidas mediante as expressões apresentadas por Vencovsky & Barriga (1992). Em cada avaliação da produção, do teste e do incremento anual por local, o progresso esperado na seleção entre (Gs₁) e dentro (Gs₂) de famílias de meios-irmãos, com seleção em ambos os sexos, foi obtido por:

$Gs_1 = k_1 (1/4) \sigma_A^2 / \sqrt{\sigma_p^2 + (\sigma_e^2 / r) + (\sigma_d^2 / m)}$;

$Gs_2 = k_2 (3/4) \sigma_A^2 / \sqrt{\sigma_d^2}$,

onde k₁ e k₂ são os coeficientes de seleção em unidade de desvio padrão, respectivamente. Foram utilizadas pressões de 9,09% entre progênie, e 10,00% dentro de progênie. Dado que o número de tratamentos foi inferior a 50, usou-se a Tabela XX de Fisher & Yates (1971).

Os ganhos genéticos obtidos com a seleção entre e dentro de progênie de meios-irmãos, expresso em porcentagens, foram calculados pela fórmula:

Gs% = 100.Gs/ \bar{x} , onde \bar{x} é a média geral.

TABELA 4. Médias, quadrados médios das análises de variância individuais e coeficientes de variação experimental (CV_E %), relativas às variáveis produção de três testes em gramas de borracha seca por corte/planta e incremento anual do perímetro do caule em centímetros/planta de 22 progênies de seringueira avaliados em três locais do Estado de São Paulo¹.

Local	Variável	Avaliação	Quadrados médios			Média	CV_E %
			Progênies	Resíduo	Dentro		
Votuporanga	Produção (Testes)	I	0,0825**	0,0272	0,1624	0,46	35,50
		II	0,1459**	0,0513	0,2965	0,60	37,73
		III	0,2389**	0,1045	0,6408	0,93	34,97
	Incremento anual	0-1	1,3224**	0,4363	10,0628	4,24	14,12
		1-2	2,4739**	0,7017	3,1242	5,33	15,21
		2-3	3,4653**	0,9809	4,0993	8,47	11,28
		3-4	6,8578**	2,7782	10,2855	8,84	18,58
Pindorama	Produção (Testes)	I	0,4018**	0,0796	0,3801	0,70	39,13
		II	0,7171**	0,1343	0,6784	0,89	40,80
		III	1,3203**	0,2679	1,1186	1,36	36,59
	Incremento anual	0-1	0,7164**	0,2416	0,6797	4,34	11,71
		1-2	1,9274**	0,9394	2,1366	3,07	31,54
		2-3	4,8587**	0,9109	5,3064	7,51	12,71
		3-4	5,8522**	1,5071	7,6612	6,74	18,15
Jaú	Produção (Testes)	I	0,1389*	0,0668	0,1634	0,43	36,06
		II	0,5873**	0,1476	0,5195	0,83	32,75
		III	0,9683**	0,2957	1,0099	1,16	31,85
	Incremento anual	0-1	4,2220**	1,2793	1,0372	4,26	14,70
		1-2	1,7231**	0,5934	1,4591	2,42	23,72
		2-3	16,5471**	4,7704	0,6862	8,14	17,81
		3-4	3,2705**	1,2608	4,4621	2,60	36,22

¹ Os graus de liberdade relativos a progênies, resíduo e dentro de parcelas relativas à produção e ao incremento foram 21, 84 e 695, respectivamente.

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos quadrados médios, bem como as médias e coeficientes de variação experimental, relativos às produções de borracha e do incremento anual do caule, comuns aos três locais, encontram-se na Tabela 4. Foram detectadas diferenças significativas a 1% de probabilidade, relativamente aos caracteres produção de borracha e incremento anual do caule nas diferentes avaliações efetuadas, o que indica a existência de variabilidade entre progênies, condição primordial para um programa de melhoramento.

A avaliação do efeito de progênies e locais e da interação entre estes dois fatores pode ser melhor

compreendida pelos resultados da análise conjunta dos locais, em cada avaliação (Tabela 5). Das duas variáveis analisadas, só o incremento anual do caule revelou variações genéticas significativas entre progênies. Os efeitos de locais foram os que se mostraram mais altos em todas as avaliações, sendo mais expressivos nos incrementos anuais do caule.

Os efeitos da interação de progênies x locais mostraram-se não-significativos em relação às produções, e significativos nas duas últimas avaliações de incrementos do caule, embora essa variação tenha sido, de modo geral, de menor magnitude do que as referentes a locais e progênies. Essas interações de progênies x locais, segundo Vencovsky (1987), incluem os dois componentes da interação,

TABELA 5. Valores dos quadrados médios, coeficientes de variação experimental (CV_E %) e média geral, obtidos quanto à produção, em gramas, de borracha seca por corte/planta, e incremento anual do perímetro do caule, em centímetros, referentes à análise de variância conjunta de 22 progênes de seringueira, em três locais do Estado de São Paulo.

Fontes de variação	GL	Produção (testes)			GL	Incremento anual de caule			
		I	II	III		0-1	1-2	2-3	3-4
Repetição/locais	12	0,1358 ns	0,0925 ns	0,2475 ns	4	1,1551 ns	0,6335 ns	14,9565**	6,9690 *
Progênes	21	0,2766 ns	0,6638 ns	1,2917 ns	21	3,2050**	3,5561**	10,4736**	10,2296**
Locais	2	1,6764ns	4,0256*	6,1905**	2	2,0305ns	232,8842**	35,1210**	1044,1058*
Progênes x locais	42	0,1585ns	0,2386ns	0,4579ns	42	0,6796ns	0,9469ns	3,0571**	2,8360**
Resíduo	260	0,0472	0,0931	0,1774	260	0,3490	0,7496	1,4874	1,7313
Dentro	1.957	0,2353	0,4981	0,9231	2.372	0,9265	2,2400	5,3636	7,4696
CV_E (%)		42,94	42,89	39,52		13,63	23,69	14,95	21,53
Média geral		0,5686	0,8182	1,1957		4,3333	3,6550	8,16	6,1123

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

**Não-significativo.

ou seja, o decorrente da diferença na variabilidade entre progênes e o decorrente da falta de correlação entre as progênes, de um local para outro. Na seleção de progênes dentro dos experimentos, o segundo componente da interação é mais importante; na estimação de variância genética os dois componentes são importantes.

As estimativas das variâncias genéticas, ambientais e dentro de progênes, de cada produção e incremento anual, avaliadas por local e em conjunto, encontram-se na Tabela 6. Os componentes da variância da produção decorrentes do efeito de genótipos foram sempre maiores que os ambientais, exceto na análise conjunta.

As estimativas de herdabilidades de plantas individuais (h^2), de médias de famílias (h^2_x) e de plantas dentro de famílias (h^2_f), obtidas a partir das estimativas de variância genética e não-genética referentes a cada avaliação da produção do incremento anual do caule por local e em conjunto, são apresentadas na Tabela 7.

As estimativas de herdabilidade em plantas individuais, em relação às produções e aos incrementos, variaram mais entre locais do que entre as avaliações. As médias dessas estimativas, obtidas nas avaliações nos três locais, foram 0,41, 0,36 e 0,37 quanto à primeira, segunda e terceira produção, respectivamente. Esses valores são coerentes com os

observados por Tan et al. (1975) e Boock et al. (1995), que encontraram 0,34 e 0,35, respectivamente.

As herdabilidades nas plantas dentro de progênes, nas avaliações individuais de produção por local, mostraram magnitudes semelhantes às herdabilidades observadas nas plantas individuais, com valores médios de 0,174, 0,542 e 0,282 em Votuporanga, Pindorama e Jaú, respectivamente. Tais estimativas foram inferiores às das avaliações de incremento do caule, que variaram de 0,334 a 0,642 em Votuporanga e Jaú, respectivamente. Essas herdabilidades tiveram seus valores reduzidos quando estimados em cada local e em cada avaliação em conjunto, em ambas as variáveis, e tiveram reflexos na seleção de plantas dentro de progênes nos locais em conjunto.

Nos três tipos de herdabilidades apresentadas, vale ressaltar que as relacionadas com o vigor (incremento do perímetro do caule) sempre se revelaram de maiores magnitudes do que as relacionadas com a produção de borracha (Paiva, 1980; Moreti et al., 1994; Boock et al. 1995; Gonçalves et al., 1996).

É importante salientar que na obtenção dos diversos tipos de herdabilidades apresentadas foi considerada a ausência de endogamia na população-base em estudo, como condição indispensável, precon-

TABELA 6. Estimativas de componentes de variância genética entre progênies (σ_{pl}^2); entre plantas dentro de progênies (σ_d^2) e ambiental (σ_e^2) e interação progênies x locais (σ_{pe}^2) quanto à produção, em gramas, de borracha seca por corte/planta, e incremento anual do perímetro do caule, em centímetros, por planta, referentes a 22 progênies de seringueira, avaliados em três locais do Estado de São Paulo.

Locais/ conjunta	Componentes de variância	Produção			Incremento anual			
		I	II	III	0-1	1-2	2-3	3-4
Votuporanga	σ_P^2	0,0111	0,0191	0,0269	0,0897	0,4133	0,5538	0,9607
	σ_e^2	0,0023	0,0091	0,0061	0,1203	0,0694	0,1779	0,9075
	σ_d^2	0,1624	0,2965	0,6408	1,0628	3,1241	4,0993	10,2855
	σ_{pe}^2							
Pindorama	σ_P^2	0,0657	0,1180	0,2179	0,0974	0,1974	0,7954	0,8818
	σ_e^2	0,0166	0,0314	0,0868	0,1583	0,6289	0,1659	0,4266
	σ_d^2	0,3801	0,6784	1,1862	0,6798	2,1367	5,3054	7,6612
	σ_{pe}^2							
Jaú	σ_P^2	0,0205	0,03449	0,0916	0,3176	0,0840	0,9977	0,3005
	σ_e^2	0,0122	-0,0047	0,0164	0,2592	0,1390	1,2530	0,3319
	σ_d^2	0,1634	0,5195	1,0099	1,0372	1,4591	6,6863	4,4622
	σ_{pe}^2							
Conjunta	σ_P^2	0,0079	0,0283	0,0556	0,1683	0,1735	0,4944	0,4929
	σ_e^2	0,0234	0,0153	0,0375	0,1893	0,3848	0,6441	0,5857
	σ_d^2	0,2353	0,4981	0,9231	0,9265	2,2400	5,3636	7,4696
	σ_{pe}^2	0,01978	0,0291	0,0561	0,0661	0,0395	0,3139	0,2209
	σ_{pl}^2							

zada por Vencovsky (1969). Segundo Namkoong et al. (1966), a presença de auto-fecundação, ou restrição do tamanho efetivo da população, em teste de progênie de meios-irmãos pode aumentar as estimativas da variância genética. Poucas são as evidências seguras sobre o papel da auto-fecundação no sistema reprodutivo da Seringueira. Simmonds (1989) observou, na Malásia, evidências da existência de 16% a 28% de auto-fecundação, enquanto que no Brasil, Paiva et al. (1993) relataram uma taxa significativa de auto-fecundação de 35%, o que indica tendência de essa espécie pertencer ao grupo de plantas intermediárias. Considerando essas observações, é possível que as estimativas obtidas dos parâmetros genéticos da população estudada possam estar superestimadas, se houver ocorrência de endogamia nessas populações. No entanto, os valo-

res das herdabilidades nas duas variáveis estudadas não é alterada por esse fato, e não invalida, portanto, os resultados obtidos.

As estimativas das variâncias genéticas aditivas, os coeficientes de variação genética e os índices de variação, nas avaliações da produção e do incremento anual do caule, nas diferentes idades e nos três locais, são apresentadas na Tabela 8.

Foram estimados os coeficientes de variação genética expressos em porcentagem, a média geral e a quantidade de variação genética entre as progênies, e revelaram valores altos e similares nas avaliações de produção e incrementos anuais do caule. Nas análises individuais, os coeficientes de variação genética da produção variaram de 17,75% (Votuporanga) a 38,56% (Pindorama) na terceira e segunda avaliação da produção, respectivamente.

TABELA 7. Estimativas de coeficientes de herdabilidade de plantas individuais (h_i^2), de plantas dentro de progênies (h_d^2), de médias de famílias (h_x^2) no que tange a produção, em gramas, de borracha seca por corte/planta, e incrementos anuais do perímetro do caule, em centímetros/planta, referentes a 22 progênies de seringueira avaliadas em três locais do Estado de São Paulo.

Locais/ conjunta	Herdabi- lidade	Produção (testes)				Incremento anual				
		I	II	III	Média	0-1	1-2	2-3	3-4	Média
Votuporanga	h_i^2	0,2526	0,2355	0,1601	0,2161	0,2818	0,4583	0,4585	0,3162	0,3787
	h_d^2	0,2050	0,1935	0,1231	0,1739	0,2531	0,3968	0,4053	0,2802	0,3338
	h_x^2	0,6680	0,6506	0,5634	0,6273	1,6598	0,7602	0,7538	0,6415	0,7038
Pindorama	h_i^2	0,5686	0,5703	0,6124	0,5838	0,4168	0,5163	0,5077	0,3931	0,4584
	h_d^2	0,5186	0,5218	0,5843	0,5416	0,4302	0,5267	0,4498	0,3453	0,4380
	h_x^2	0,8120	0,8183	0,8128	0,8144	0,6544	0,7159	0,8136	0,7458	0,7324
Jaú	h_i^2	0,4175	0,2469	0,3278	0,3307	0,7871	0,6653	0,4465	0,5428	0,6110
	h_d^2	0,3756	0,1991	0,2722	0,2823	0,9185	0,6816	0,4476	0,5198	0,6419
	h_x^2	0,5438	0,6344	0,7296	0,6359	0,7863	0,8059	0,6834	0,7793	0,7637
Conjunta	h_i^2	0,1099	0,1987	0,2074	0,1720	0,4986	0,2451	0,2901	0,2248	0,3146
	h_d^2	0,1003	0,1707	0,1807	0,1506	0,5478	0,2330	0,2765	0,1980	0,3138
	h_x^2	0,4270	0,6406	0,6456	0,5711	0,7887	0,7337	0,7081	0,7228	0,7383

Quanto ao incremento anual do caule, os coeficientes variaram de 7,13% (Votuporanga) a 19,86% (Jaú), na primeira e quarta avaliação, respectivamente. Nas análises conjuntas, os maiores coeficientes de variação genética da produção e dos incrementos foram de 20,58% e 11,48%, na segunda e quarta avaliação, respectivamente. Esses valores, quando comparados com os dados de outras populações panmíticas, mostram grande variação genética, que pode ser explorada mediante seleção.

Os coeficientes de variação experimental obtidos, quanto aos diferentes testes de produção (Tabela 4), foram altos, em comparação com os do incremento anual do caule. Entretanto, tais valores podem ser considerados normais, se comparados com as estimativas de Paiva (1980), Moreti et al. (1994) e Boock et al. (1995), que obtiveram valores na ordem de 38,30%; 33,63% e 57,65%, respectivamente.

A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental representada pelo índice de variação (θ) apresentou valores médios mais elevados nas produções de Pindorama, com média 0,932, seguido de Jaú, com 0,688. Quanto ao incremento anual do perímetro do caule, Pindorama também apresentou os valores mais elevados, seguido de Votuporanga e Jaú com 0,694, 0,670 e 0,634, respectivamente. A análise conjunta apresentou valores de 0,507 e 0,572 com relação à produção e incremento anual do caule, respectivamente. Com base na argumentação de Vencovsky (1987), de que a situação é favorável para a seleção em milho quando a relação entre os coeficientes de variação genética e a experimental tende para valores maiores ou iguais a um, verifica-se que a população em questão apresenta perspectivas de ganhos genéticos no que diz respeito às variáveis estudadas.

TABELA 8. Estimativas de variâncias genéticas aditivas (σ_A^2), coeficientes de variação genéticas ($C \hat{V}_g$ %) e índice de variação ($\hat{\theta}$)¹ referentes a três testes precoces de produção, em gramas, de borracha seca por corte/planta, e quatro incrementos anuais do perímetro do caule, relativos a três locais do estudo de progênies de seringueira¹.

Variável	Parâmetro	Avaliação	Local			Conjunta
			Votuporanga	Pindorama	Jaú	
Produção	$\hat{\sigma}_A^2$	I	0,0444	0,2629	0,0818	0,0315
		II	0,0765	0,4721	0,1379	0,1134
		III	0,1079	0,8717	0,3665	0,2224
	$C \hat{V}_g$ (%)	I	22,6157	36,3544	26,7165	15,6018
		II	23,0047	38,5612	19,2973	20,5786
		III	17,7512	34,1052	23,3412	19,7204
	$\hat{\theta}$	I	0,6370	0,9289	0,7409	0,4084
		II	0,6096	0,9450	0,5892	0,5519
		III	0,5076	0,9319	0,7328	0,5599
Incremento anual	$\hat{\sigma}_A^2$	0-1	0,3587	0,3899	1,2703	0,6768
		1-2	1,6532	0,7976	0,3361	0,6958
		2-3	2,2152	3,1816	3,9908	1,9777
		3-4	3,8428	3,5262	1,2021	1,9716
	$C \hat{V}_g$ (%)	0-1	7,1345	7,2047	12,6112	9,4678
		1-2	12,1042	14,5412	11,2210	11,4110
		2-3	8,8238	11,8813	11,7010	8,6179
		3-4	11,1111	13,9012	19,8602	11,4861
	$\hat{\theta}$	0-1	0,5053	0,6148	0,8578	0,6946
		1-2	0,7957	0,4610	0,4729	0,4816
		2-3	0,7819	0,9347	0,6569	0,5764
		3-4	0,5979	0,7662	0,5483	0,5337

¹ Índice de variação $\hat{\theta} = CV_g/CV_e$.

As predições de ganhos genéticos, comparados com a seleção entre e dentro de progênies, quanto às produções e incrementos, são apresentados na Tabela 9.

Os ganhos médios genéticos estimados a partir das porcentagens de seleção predeterminadas mostram valores médios bastante similares entre as produções e incrementos, em cada local estudado. A seleção entre progênies, obtida da média dos três locais em cada avaliação, revela as maiores estimativas de ganhos médios de 35,95% e 34,78% na primeira e segunda avaliação da produção. Quanto ao incremento do caule, os maiores valores das estima-

tivas foram 17,87% e 14,21% no quarto e segundo ano, respectivamente.

A seleção dentro de progênies, por sua vez, prediz ganhos médios de 46,93% e 41,31% no primeiro e segundo teste de produção, e de 20,14% e 19,63% no primeiro e quarto incremento do caule, respectivamente. Os ganhos totais médios previstos na seleção combinada entre e dentro de progênies seriam, portanto, de 82,88%, 76,09% e 68,26% nas três avaliações da produção, respectivamente. Deve-se ressaltar que as variações de herdabilidade, principalmente as de plantas dentro de progênies diretamente envolvidas nessas predições, não foram

TABELA 9. Ganhos genéticos em porcentagens com a seleção entre e dentro de progênies, quanto a produção, em gramas, de borracha seca por corte/planta, e incremento anual do perímetro do caule, em centímetro/planta, de 22 progênies de seringueira, avaliados em três locais do Estado de São Paulo.

Local	Nível de seleção ¹	Produção (testes)			Incremento anual do caule			
		I	II	III	0-1	1-2	2-3	3-4
Votuporanga	Entre progênies	28,1104	27,9626	20,1960	12,3567	14,3686	10,7156	11,9816
	Dentro de progênies	27,2313	26,6661	16,7652	18,7346	17,3804	13,3914	13,2998
	Total	55,3417	54,6297	36,9612	31,0913	31,7490	24,1070	25,2814
Pindorama	Entre progênies	49,7943	53,0131	46,7305	8,8586	15,8673	16,2845	18,2402
	Dentro de progênies	69,8552	74,3014	69,5550	12,6048	20,5204	21,2462	21,7811
	Total	119,6495	127,3145	116,2855	21,4634	36,3877	37,5307	40,0813
Jauá	Entre progênies	29,9570	23,3582	30,3918	16,9960	12,3973	14,7072	23,3862
	Dentro de progênies	43,6951	22,9687	21,1517	29,0752	12,4438	20,8885	23,8064
	Total	73,6521	46,3269	51,5435	46,0712	24,8411	35,5997	47,1926
Média	Entre progênies	35,9539	34,7780	32,4394	12,7371	14,2111	13,9024	17,8693
	Dentro de progênies	46,9272	41,3121	35,8239	20,1382	16,7815	18,5087	19,6291
	Total	82,8811	76,0900	68,2134	32,8753	30,9926	32,4111	37,4984

¹ Entre progênies: seleção de 9,09%; dentro de progênies: seleção de 10,00%.

determinantes na variação dos ganhos estimados.

Os ganhos genéticos esperados com a seleção dentro de progênies foram sempre superiores aos ganhos estimados com relação à seleção entre progênies, nos testes de produção nos quatro incrementos anuais obtidos.

Diante do exposto, pode-se considerar que, em função dos grandes avanços genéticos verificados nos três testes de produção, nos quatro incrementos anuais do perímetro do caule, constatados pelas estimativas de ganhos realizados, a seleção dentro dos experimentos poderia ser efetuada por um único teste de produção e uma única mensuração do incremento anual do caule. Dessa forma, reduzir-se-ia custo e tempo no trabalho de seleção para posterior clonagem dos ortetes selecionados.

CONCLUSÕES

1. A produção e o incremento anual do perímetro do caule são influenciados por um moderado controle genético aditivo.

2. Há variações genéticas entre progênies no que tange ao incremento anual do caule.

3. Há ganhos genéticos na produção e no incremento anual do caule.

4. Importantes avanços genéticos quanto à produção e ao incremento anual do caule podem ser obtidos por seleção massal e mediante testes de progênies.

REFERÊNCIAS

- BOOCK, M.V.; GONÇALVES, P. de S.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M. Herdabilidade, variabilidade genética e ganhos genéticos para produção e caracteres morfológicos em progênies jovens de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.5, p.673-681, maio 1995.
- FISHER, R.A.; YATES, F. *Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura*. São Paulo: EDUSP/Polígono, 1971. 150p.

- GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; BOAVENTURA, M.A.M.; COLOMBO, C.A.; ORTOLANI, A.A. Clones de *Hevea*: Influência dos fatores ambientais na produção e recomendação para plantio. Campinas: Instituto Agronômico, 1991. 32p. (Boletim técnico, 138).
- GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; COLOMBO, C.A.; ORTOLANI, A.A.; MARTINS, A.L.M.; SANTOS, I.C.I. Variabilidade genética da produção anual da seringueira: estimativas de parâmetros genéticos e estudo da interação genótipo x ambiente. *Bragantia*, Campinas, v.49, n.2, p.305-320, 1990.
- GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N.; CARVALHO, A.Z. Relationships among yield, girth and some structural characters of the laticiferous system in young seedlings of *Hevea*. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.18, n.3, p.430-436, 1995.
- GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N.; TANZINI, M.R. Estimates of genetic parameters and correlations of juvenile characters based on open pollinated progenies of *Hevea*. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.19, n.1, p.105-111, 1996.
- MORETI, D.; GONÇALVES, P. de S.; GORGULHO, E.P.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.7, p.1099-1109, jul. 1994.
- NAMKOONG, G.; SNYDER, E.B.; STONECIPHER, R. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling orchard. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.15, p.76-84, 1966.
- PAIVA, J.R. de Estimativas de parâmetros genéticos em seringueira (*Hevea* sp.) e perspectivas de melhoramento. Piracicaba: USP-ESALQ, 1980. 92p. Dissertação de Mestrado.
- PAIVA, J.R. de; KAGEYAMA, P.Y.; VENCOSKY, R. Outcrossing rates and inbreeding coefficients in rubber trees [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.D.R.) Müell. Arg.]. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.16, n.4, p.1003-1011, 1993.
- SIMMONDS, N.W. Rubber breeding. In: WEBSTER, C.C.; BAULKWILL, W.J. (Eds.). *Rubber*. London: Longman, 1989. ch.3, p.85-124.
- SIQUEIRA, E.R. Estimativas parâmetros genéticos de seringueira (*Hevea* sp.) em condições de viveiro. Viçosa: UFV, 1978. 38p. Dissertação de Mestrado.
- TAN, H.; MUKHERJEE, T.H.K.; SUBRAMANIAM, S. Estimates of genetic parameters of certain characters in *Hevea brasiliensis*. *Theoretical and Applied Genetics*, v.46, p.181-190, 1975.
- TAN, H.; SUBRAMANIAM, S. A five-diallel cross analysis for certain characters of young *Hevea* seedlings In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, 1975, Kuala Lumpur, *Proceedings...* Kuala Lumpur: RRIM, 1976. v.2, p.13-16.
- VENCOSKY, R. Genética quantitativa. IN: KERR, W.E. (Org.). *Melhoramento e genética*. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p.17-38.
- VENCOSKY, R. Herança quantitativa In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). *Melhoramento e produção de milho*. 2.ed. Campinas: Fund. Cargill, 1987. cap.5, p.137-214.
- VENCOSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.