

VARIABILIDADE GENÉTICA DA PRODUÇÃO ANUAL DA SERINGUEIRA: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTUDO DE INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE⁽¹⁾

PAULO DE SOUZA GONÇALVES ⁽²⁾, MÁRIO CARDOSO ⁽³⁾,
CARLOS AUGUSTO COLOMBO ⁽³⁾, ALTINO ALDO ORTOLANI ⁽⁴⁾,
ANTONIO LÚCIO MELLO MARTINS ⁽⁵⁾
e IVAN CAVALIN IGNÁCIO DOS SANTOS ⁽⁶⁾

RESUMO

Selecionaram-se dezenove genótipos de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) considerados como os melhores em vigor e produção em uma população de pés francos estabelecidos no campo de ensaios da Estação Experimental de Pindorama, com o objetivo de estudar a variabilidade genética e ambiental e a interação genótipo x ambiente sobre a produção durante cinco anos. Com base na análise da variância anual e conjunta, estimaram-se parâmetros genéticos para produção, na tentativa de quantificar o ganho genético com a seleção, e as correlações genéticas e fenotípicas das produções ano a ano. Os resultados das análises da variância dentro de anos mostraram efeitos significativos para genótipos, sendo os efeitos da interação genótipo x ambiente altamente significativos. As estimativas de herdabilidade, no sentido amplo, ao nível de médias de parcelas, foram altas, com amplitude de 0,57 a 0,77, respectivamente, para o segundo e quinto ano de produção. As maiores porcentagens de ganho genético foram obtidas no primeiro e quinto ano de produção, 39,03 e 27,57 respectivamente. Correlações genéticas e fenotípicas entre anos de sangria foram altas e significativas. Os altos valores de herdabilidade e ganho genético para o

⁽¹⁾ Trabalho realizado pelo Convênio EMBRAPA/AC, com recursos do Convênio IBAMA/EMBRAPA. Recebido para publicação em 21 de junho e aceito em 29 de setembro de 1990.

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

⁽³⁾ Programa Seringueira, DPI/AC.

⁽⁴⁾ Seção de Climatologia Agrícola, IAC.

⁽⁵⁾ Estação Experimental de Pindorama, IAC.

⁽⁶⁾ Engenheiro Agrônomo Estagiário do Programa Seringueira, DPI/AC.

⁽⁷⁾ Com bolsa de pesquisa do CNPq.

primeiro ano de sangria indicam que a seleção massal conduzida nesta fase proporciona, efetivamente, maior ganho na seleção.

Termos de indexação: *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., seleção, produção, herdabilidade, correlação genotípica e fenotípica, melhoramento genético.

ABSTRACT

GENETIC VARIABILITY OF RUBBER TREE ANNUAL YIELDING: ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS AND STUDY OF GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION

Nineteen rubber trees (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) considered as the best in growth and yield performance, were selected from a mature seedling population in the experimental field at the Pindorama Experiment Station of the "Instituto Agrônomo de Campinas", São Paulo State, Brazil. Studies were carried out aiming to assess the annual environmental influence on genetic variation in five years of yielding. Components of variance were estimated from these analyses in an attempt to quantify genotype x environment interactions. The results of the analysis of variance within years showed significant effects for genotypes. The genotype x environment interaction effects in the pooled analyses were highly significant. The broad sense heritability estimates were high, ranging from 0.57 to 0.77 in the second and fifth yielding years respectively. The largest selection progress estimates were obtained in the first and fifth year of yielding with 39.03% and 27.57% respectively. Based on the results, it was concluded that the high values of heritability and genetic gain for the first year of yielding would allow a faster selection progress.

Index terms: *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., selection, yield, broad sense heritability, genetic correlations, phenotypic correlation, breeding.

1. INTRODUÇÃO

É bem conhecido que o fenótipo reflete a expressão do genótipo, do ambiente e da interação de ambos. As respostas têm implicações importantes no melhoramento genético, à medida que dificultam a seleção de genótipos superiores. Avaliação de genótipos em diferentes ambientes permitem estimar parâmetros genético-estatísticos que visam quantificar a interação genético-ambiente presente na expressão fenotípica de uma população. Tais estimativas são úteis para aumentar a eficiência da seleção.

Na seringueira, estudos da interação genético-ambiental são escassos e os existentes estão relacionados aos caracteres secundários em plantas jovens (JAYASEKERA et al., 1977; JAYASEKERA, 1983; ONOKPISE et al., 1986). Tem-se observado, muito freqüentemente, que o desempenho da produção de

genótipos de seringueira quanto à produção é bem variável sob as mesmas condições edáficas, em função dos elementos climáticos: temperatura, pluviosidade, umidade relativa, etc., os quais afetam as várias fases da vida das plantas (PINHEIRO et al., 1980; PUSHARAJAH, 1980; HUANG & ZHENG, 1983; ORTOLANI, 1985).

No Estado de São Paulo, onde a seringueira vem-se expandindo em áreas agroclimáticas bastante diferenciadas daquelas da região amazônica, o clima vem-se mostrando apropriado ao seu cultivo. Em muitos genótipos, as plantas alcançam circunferência do caule aptas à sangria em idade inferior a sete anos (CAMPINAS, 1989). Por outro lado, a grande variação dos elementos climáticos, tais como frio e déficit hídrico, observada nessas regiões ao longo do ano de produção, possivelmente interfira nos processos fisiológicos das plantas. Como conseqüência, ocorrem variações no ciclo anual de produção de populações estabelecidas em determinados locais (ORTOLANI, 1985).

Em estudos mais recentes, no Estado de São Paulo, tem-se enfatizado o uso de parâmetros que auxiliam a discernir a variabilidade, para posterior seleção de genótipos superiores [GONÇALVES et al., 1991^(*)]. Entretanto, a detecção de variabilidade numa população, por si só, não quantifica a variação dentro dessa população, tornando necessário estimar outros parâmetros, como a herdabilidade (h^2), que indica quanto da variabilidade se deve ao genótipo ou ao ambiente.

Com a finalidade de aprimorar melhor a base genética da produção da seringueira, procurou-se: (a) examinar a magnitude da interação genótipo x ambiente ao longo de cinco anos de produção; (b) estudar as variações genéticas e estimar valores de herdabilidade no sentido amplo para os anos de produção e (c) estimar correlações genéticas e fenotípicas entre os diferentes anos de produção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A população em estudo foi plantada em 1952 na Estação Experimental de Pindorama, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), localizada na latitude 21°13'S, longitude de 48°56' e altitude de 560m, em solo podzólico vermelho-amarelo TB eutrófico, de textura média, profundo, abrupto e bem drenado (LEPSCH & VALADARES, 1976).

O clima local é do tipo tropical continental, com predominância de verão úmido, níveis de energia típicos do trópico e um período de inverno seco com temperaturas e precipitações pluviais mais reduzidas (Quadro 1). Em geral, o confronto entre as curvas mensais de evapotranspiração e da chuva resulta num equilíbrio hídrico favorável ao crescimento e à produção no período de outubro a abril. As deficiências hídricas e os baixos níveis térmicos ocorrem durante maio e setembro.

(*) GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; MARTINS, A.L.M.; SANTOS, I.C.J. dos & COLOMBO, C.A. Selection of *Hevea* mother trees adapted to unpredictable annual climatic variability genotypes. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 1991. (No prelo)

QUADRO 1. Média mensal obtida de 1984 a 1988 para alguns dados climáticos. Estação Experimental de Pindorama, SP (Lat. 21°13'S, Long. 48°56'W, altitude 560m)

Ano	Dados climáticos	Jan.	Fev.	Mço.	Abril	Mai	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1984	T°C	25,2	25,6	24,5	22,3	21,7	19,9	20,1	19,9	20,5	20,5	24,9	23,7
	Pmm	206,1	105,3	137,1	51,5	45,9	0,0	0,0	126,6	66,7	24,5	208,7	125,1
	UR%	74,2	74,4	78,9	79,2	75,7	65,7	59,3	67,1	63,5	58,9	68,2	79,5
1985	T°C	23,4	24,8	23,8	22,8	20,1	17,2	17,9	21,6	23,1	25,5	24,9	24,9
	Pmm	296,8	113,8	121,9	118,5	21,8	4,7	3,5	2,5	10,7	48,6	181,2	120,6
	UR%	83,6	78,9	83,1	79,6	69,2	61,7	56,3	50,8	53,2	51,4	64,9	70,7
1986	T°C	24,6	23,9	23,8	23,3	20,9	19,1	18,1	20,1	21,7	23,7	24,9	23,8
	Pmm	206,5	200,4	247,3	36,8	124,1	0,2	37,1	88,1	11,2	56,0	61,7	289,4
	UR%	78,5	82,4	81,5	74,3	79,4	63,2	64,8	69,9	60,9	58,8	63,4	82,5
1987	T°C	24,3	23,5	23,5	23,1	19,8	18,5	21,1	20,3	21,7	24,4	24,8	24,6
	Pmm	309,8	243,7	84,2	23,1	144,1	21,1	20,4	6,8	57,5	80,2	204,3	80,7
	UR%	82,3	80,6	77,3	76,9	82,7	72,4	62,9	55,6	67,5	65,6	69,5	77,9
1988	T°C	25,6	24,1	24,3	23,2	21,0	18,2	17,5	21,4	24,4	23,3	23,6	25,2
	Pmm	299,2	149,7	154,8	87,0	54,7	3,0	0,0	0,0	0,0	141,9	79,9	192,0
	UR%	77,1	83,6	77,4	82,3	78,3	70,2	58,1	46,7	49,2	67,1	66,6	68,9

T°C = Temperatura em graus centígrados. Pmm = Precipitação em milímetros. UR% = Umidade relativa em percentagem.

O material que compõe a população foi obtido de sementes de polinização aberta de um lote de seringueiras plantadas no município de Boa Esperança do Sul, originadas de Mato Grosso (CARDOSO, s.d.). Em Pindorama, a população foi plantada inicialmente na forma de viveiro, no espaçamento de 1,0 x 0,3m, ocupando uma área de 0,86ha. A partir de novembro de 1983, para efeito de obtenção de dados de produção, efetuou-se rigoroso desbaste, em que as 640 árvores restantes obedeceram ao espaçamento de 5,00 x 2,70m e a abertura dos painéis a 1,00m de altura, iniciando-se o registro de dados de produção. Utilizou-se o sistema de sangria de meia espiral, realizado a cada três dias (S/2 d/3 67%) por cinco anos. As produções foram registradas mensalmente pelo látex coagulado nas tigelas. Para quantificação da borracha, adotou-se um método rápido de determinação: o material obtido permanece em condições naturais arejadas até atingir peso constante. As determinações de produção foram feitas para uma média de sete sangrias mensais, levando-se em consideração o peso médio de borracha seca/sangria/árvore.

Considerando todas as árvores nas mesmas condições de competição, após o quinto ano de avaliação das 640 árvores e com base nas médias anuais de borracha seca/sangria/árvore e vigor, expresso pela circunferência do caule a 1,00m de altura do solo, selecionaram-se 19 árvores matrizes para posterior multiplicação.

No presente estudo, as análises da variância e covariância para produção obedeceram ao delineamento de blocos ao acaso, onde cada genótipo selecionado representa um tratamento, a média de produção mensal do ano, uma repetição, e cada ano de sangria, um ambiente.

O modelo matemático para cada ano de produção foi

$$Y_{ij} = \mu + g_i + m_j + e_{ij},$$

onde:

Y_{ij} = observação média do genótipo i no mês j ;

μ = média geral para um mês;

g_i = efeito fixo do genótipo i ;

m_j = efeito fixo do mês j ;

e_{ij} = efeito do erro experimental onde $i = 1, 2, \dots, n$ e $j = 1, 2, \dots, k$.

Todas as análises da variância foram feitas de acordo com o modelo fixo. Dessa forma, os resultados são válidos para o grupo de genótipos e anos considerados. Com base no modelo fixo, todas as fontes de variação foram testadas com o quadrado médio residual (STEEL & TORRIE, 1980). O esquema de análise da variância para cada ano encontra-se no Quadro 2.

A análise da variância conjunta envolvendo meses e anos foi realizada, como extensão do modelo inicial, usando o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + a_k + (ga)_{ik} + m_{jk} + e_{ijk},$$

onde:

Y_{ijk} = observação média do genótipo i , no mês j do ano k ;

μ = média geral em todos os meses e anos;

g_i = efeito fixo do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, n$);

a_k = efeito fixo do ano k ($k = 1, 2, \dots, m$);

$(ga)_{ik}$ = interação do genótipo i com o ano k ;

m_{jk} = efeito do mês j no ano k ;

e_{ijk} = erro experimental associado a Y_{ijk} .

A partir dessas análises da variância, foram obtidas as estimativas dos componentes de variância - Quadro 3.

As herdabilidades da produção anual e conjunta foram calculadas ao nível de médias. Segundo FALCONER (1976), a herdabilidade no sentido amplo (h^2) é estimada pela fórmula $h^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2)$, definida como a porção da variância fenotípica devida a causas genéticas, onde σ_g^2 é a variância genética entre genótipos e σ_e^2 , a variância ambiental.

O coeficiente de variação genética ($CV_g\%$) foi calculado por $CV_g(\%) = 100(\sigma_g/\bar{x})$. Analogamente, estimaram-se os coeficientes de variação fenotípica e de variação experimental, onde x representa a média geral correspondente a cada ano de produção.

A fim de detectar a variabilidade genética dos caracteres na população, utilizou-se o índice b (b), calculado segundo GONÇALVES et al. (1983) como $b = CV_g/CV_e$, que representa a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, não influenciado, portanto, pela média do caráter.

QUADRO 2. Esquema da análise da variância e esperança dos quadrados médios E (QM) para produção anual de borracha seca/sangria de 19 genótipos de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama, SP

Fontes de variação	G.L.	Q.M.	E (QM)
Entre meses de sangria (s)	$r - 1$	QM_3	-
Entre genótipos (g)	$g - 1$	QM_2	$\sigma_g^2 + r\sigma_e^2$
s x g	$(r - 1)(g - 1)$	QM_1	σ_e^2
Total	$rg - 1$	-	-

$$\hat{\sigma}_g^2 = (QM_2 - QM_1)/r$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = QM_1$$

$$\hat{\sigma}_t^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

g = número de genótipos; r = número de repetições (meses).

QUADRO 3. Esquema da análise da variância conjunta e esperança dos quadrados médios E (QM) para produção anual de borracha seca/sangria de 19 genótipos de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama, SP

Fontes de variação	G.L.	Q.M.	E (QM)
Meses/Anos	a (r - 1)	QM ₅	
Entre anos de sangria (a)	a - 1	QM ₄	$\sigma_e^2 + g\sigma_{M/A}^2 + r\sigma_{g \times a}^2 + rg\sigma_a^2$
Entre genótipos (g)	g - 1	QM ₃	$\sigma_e^2 + r\sigma_{g \times a}^2 + ra\sigma_g^2$
g x a	(a - 1) (g - 1)	QM ₂	$\sigma_e^2 + r\sigma_{g \times a}^2$
Resíduo	a (g - 1) (r - 1)	QM ₁	σ_e^2

$$\hat{\sigma}_g^2 = (QM_3 - QM_2)/ra$$

$$\hat{\sigma}_{g \times a}^2 = QM_2 - QM_1/r$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = QM_1$$

a = número de anos de produção; g = número de genótipos; r = número de repetições (meses).

Para o cálculo do progresso esperado na seleção (Gs) entre médias para produção, empregou-se a fórmula apresentada por VENCOSKY (1978):

$$Gs = i [\sigma_g^2 / \sqrt{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}]$$

sendo i o coeficiente associado à percentagem de indivíduos selecionados entre os 19 genótipos, os quais, por sua vez, correspondem ao diferencial de seleção expresso em unidades de desvio padrão. Usaram-se, para cada ano de produção, diferentes intensidades de seleção, considerando os genótipos mais produtivos. O percentual de seleção foi determinado em função dos genótipos que apresentaram produção superior a 16 gramas de borracha seca por sangria. Como o número de tratamentos era inferior a 50, para o cálculo de i adotou-se a tabela XX de FISHER & YATES (1971).

A percentagem de ganho genético de seleção foi estimada através da fórmula $Gs\% = (Gs/\bar{x}) \cdot 100$.

De posse dos dados da variância, estimados a partir dos quadrados médios da análise da população, e dos dados da covariância, estimados a partir dos produtos médios da análise da soma de dois caracteres (X + Y), calcularam-se as correlações genotípicas e fenotípicas entre a produção individual, para os cinco anos em conjunto.

Efetou-se o cálculo das correlações conforme KEMPTHORNE (1973), utilizando-se as seguintes fórmulas para estimá-las:

$$r_f(x,y) = \frac{Cov_f(x,y)}{\sqrt{\sigma_f^2(x) \cdot \sigma_f^2(y)}} \quad e \quad r_g(x,y) = \frac{Cov_g(x,y)}{\sqrt{\sigma_g^2(x) \cdot \sigma_g^2(y)}}$$

onde:

$r_{f(x,y)}$, $r_{g(x,y)}$ = Correlações fenotípicas e genotípicas, respectivamente, entre os anos de produção x e y.

$Côv_{f(x,y)}$, $Côv_{g(x,y)}$ = Covariâncias fenotípicas e genotípicas, respectivamente, entre os anos de produção x e y.

$\hat{\sigma}^2_{f(x)}$, $\hat{\sigma}^2_{g(x)}$ = Variâncias fenotípicas e genotípicas, respectivamente, do grupo de genótipos para o ano de produção x.

$\hat{\sigma}^2_{f(y)}$, $\hat{\sigma}^2_{g(y)}$ = Variâncias fenotípicas e genotípicas, respectivamente, do grupo de genótipos para o ano de produção y.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas da média anual de borracha seca/sangria/ano nos cinco anos de produção, bem como os dados de circunferência do caule, tomados no quinto ano de avaliação da produção de cada genótipo, são apresentados no quadro 4. Observou-se grande variação na produção para a maior parte dos genótipos selecionados, com uma tendência de aumento crescente do primeiro ao quinto ano. Segundo BUTTERY & BOATMAN (1976), isso pode ser explicado pelo número de anéis de vasos laticíferos na casca, bastante variável em relação à altura do painel de sangria. Embora no presente trabalho não houvesse oportunidade de efetuar estudos anatómicos da casca, os autores enfatizam que, em se tratando de matrizes superiores (pés-francos), material utilizado no presente estudo, a idade do tecido e a altura do corte influenciam a distribuição e freqüência dos anéis de vasos laticíferos, considerando-se também sua densidade e diâmetro na árvore.

A média, o desvio padrão, a amplitude e o coeficiente de variação da produção de borracha seca/sangria/ano referentes aos 19 genótipos são observados no quadro 4. De modo geral, os coeficientes de variação relativos à produção foram altos - de 34,72 e 45,19% - respectivamente, para o terceiro e primeiro ano de produção. Magnitudes semelhantes foram encontradas por GONÇALVES (1982) em 27 seringueiras nativas selecionadas em seringais nativos do Estado de Rondônia. Contrário a plantas monoclonais, a alta variação encontrada nessas seleções parece natural, uma vez que cada árvore se constitui de genótipos com potencial de produção geneticamente diferente. Entretanto, a variabilidade torna-se maior na população de origem: 3% dos genótipos selecionados produziram cerca de 12% da média de produção total dos cinco anos na população original. Resultados semelhantes foram observados por diferentes pesquisadores em países do Sudeste asiático. Na Malásia, WHITBY (1919) observou que 9,8% das árvores produziram 28% da produção total de uma população de 1.011 indivíduos. Na Indonésia, MAAS (1934), em um estudo em 5.000 árvores, verificou que 8% da população produziu 24% da produção total. Com base no exposto, infere-se que a variabilidade genética existente na população em estudo, semelhante àquela

observada no Sudeste asiático, mostra-se potencialmente favorável à condução de um programa de melhoramento genético com vistas às necessidades do Estado de São Paulo.

Encontram-se, no quadro 5, os quadrados médios ao nível de média de produção de genótipos, para cada um dos cinco anos de produção estudados.

QUADRO 4. Estimativas das médias, desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV%) de produção de borracha seca/sangria/ano e circunferência do caule (CC) tomada a 0,5 e 1,0m de altura do solo de 19 genótipos de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama, SP

Genótipos avaliados	Anos de produção						CC	
	1º	2º	3º	4º	5º	Média	0,5m	1,0m
Pind 8/74	12,64	13,39	13,32	17,56	21,95	15,77	1,43	1,26
Pind 16/74	10,60	11,11	12,31	14,79	19,99	13,76	1,93	1,37
Pind 31/74	13,66	9,66	11,76	12,11	13,53	12,26	1,58	1,33
Pind 39/74	8,94	10,57	11,82	15,05	14,75	12,23	1,20	1,06
Pind 41/74	8,96	9,85	11,83	14,55	11,25	11,23	1,15	0,98
Pind 58/74	13,21	17,79	11,35	11,44	12,80	13,32	1,50	1,36
Pind 62/74	12,22	16,31	19,27	26,43	34,70	21,78	1,90	0,98
Pind 96/74	7,29	9,08	11,86	12,82	13,41	10,89	1,04	0,97
Pind 103/74	15,26	13,42	15,67	18,36	18,88	16,32	1,23	1,04
Pind 127/74	8,55	9,85	12,12	12,68	12,53	11,14	1,26	1,17
Pind 130/74	23,10	22,53	23,87	30,72	37,65	25,58	1,49	1,35
Pind 132/74	20,91	19,13	16,55	16,09	16,08	17,75	1,61	1,43
Pind 218/74	9,99	12,72	13,12	15,19	14,19	13,04	1,40	1,18
Pind 220/74	12,05	12,90	12,62	17,72	17,55	14,57	1,44	1,23
Pind 225/74	15,14	15,78	17,50	17,59	17,33	16,58	1,18	1,07
Pind 274/74	10,05	10,61	12,45	14,20	15,20	12,50	1,29	1,18
Pind 283/74	13,85	14,03	16,59	20,74	25,43	18,13	1,14	1,02
Pind 295/74	14,29	12,32	12,56	13,28	18,85	14,26	1,30	1,19
Pind 304/74	11,86	12,21	12,16	12,98	13,52	12,55	1,35	1,25
Média	12,77	13,33	14,14	16,57	18,40	15,04	1,35	1,18
s	5,50	5,95	4,91	6,75	8,05	5,14	0,23	0,14
CV%	45,19	44,64	34,72	40,74	43,75	34,18	16,88	12,17

QUADRO 5. Quadrado médio da análise da variância para produção de borracha seca em gramas/árvore/sangria de 19 genótipos de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Fontes de variação	G.L.	Anos de produção				
		1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Entre meses de sangria (s)	11	214,24**	326,14**	176,36**	229,51**	56,50**
Entre genótipos (g)	18	191,82**	141,22**	129,73**	288,50**	626,13**
s x g	198	9,00	8,19	6,32	13,57	14,29

Significativo ao nível de 0,01..

Detectaram-se, para todos os anos, diferenças significativas entre os genótipos, indicando a existência de variabilidade para o caráter produção. Houve maior variação no quarto e no quinto ano de sangria em função da troca antecipada do painel A para o B em alguns genótipos. Detectaram-se também diferenças significativas entre meses de sangria; isso se explica, provavelmente, por diferenças observadas entre as produções mensais de borracha.

Pelo quadro 6 - quadrados médios obtidos através da análise da variância conjunta para os cinco anos de produção - verifica-se que os efeitos significativos da interação genótipo x ano refletem a mudança observada na ordem de produção dos genótipos ao longo dos cinco anos, como se pode evidenciar no quadro 4. Como exemplo, o genótipo Pind 58/74 apresentou um dos melhores desempenhos no segundo ano de produção e um dos piores no terceiro. De modo semelhante, o genótipo Pind 132/74 ocupou o segundo lugar em produção no primeiro ano e o oitavo no quarto. Um genótipo ideal seria aquele que apresentasse desempenho crescente em uma série de anos, proporcionando, na forma de cultivar ou clone, produção constante de borracha, evidenciado no quadro 4 pelos genótipos Pind 16/74, Pind 62/74 e Pind 283/74.

As estimativas das variâncias genéticas ambientais fenotípicas e do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo ao nível de médias de parcelas, para cada ano de produção e nos cinco anos em conjunto, encontram-se no quadro 7. Os componentes de variância devidos ao efeito de genótipos (σ^2_g) foram sempre maiores que os ambientais (σ^2_e) nas análises por ano de produção.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo, baseadas nas médias de parcelas (Quadro 7), foram, de modo geral, altas, evidenciando bom controle genético na expressão do caráter estudado, indicando haver possibilidade de seleção fenotípica simples. Tais valores têm uma tendência crescente ao longo dos anos de produção subsequente. Esse acréscimo pode ser explicado pela maior influência da adaptação do genótipo ao procedimento da

sangria. Possivelmente, à medida que as árvores se tornam mais adaptadas ao processo de sangria, o genótipo passa a desempenhar maior importância na expressão do fenótipo, que é a adaptação ao ambiente.

Na Ásia, segundo SWAMINATHAN (1976), estimativas de herdabilidade no sentido restrito para produção de borracha e seus componentes são satisfatórias, indicando que a variância genética aditiva é considerável. No Brasil, VASCONCELLOS (1982), GONÇALVES et al. (1983) e RIBEIRO (1983) obtiveram valores do coeficiente de determinação genotípica (herdabilidade no sentido amplo) em plantas jovens com magnitudes semelhantes às do presente trabalho, sugerindo a presença de variabilidade genética nas populações de seringueira estudadas.

QUADRO 6. Quadrado médio da análise da variância da média de borracha seca/sangria/genótipo em cinco anos de produção de 19 genótipos de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Fontes de variação	G.L.	Quadrado médio
Meses/Anos	55	200,55**
Entre anos de sangria (a)	4	1347,99**
Entre genótipos (g)	18	1044,71**
g x a	72	83,17**
Resíduo	990	10,35

QUADRO 7. Estimativas das variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_g^2$), ambientais ($\hat{\sigma}_e^2$) e fenotípicas ($\hat{\sigma}_f^2$), da interação genótipos x anos ($\hat{\sigma}_{gxa}^2$) e coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (h^2), relativo à média de 19 genótipos superiores de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama (SP), 1990

Ano de produção	$\hat{\sigma}_g^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_{gxa}^2$	h^2
1º Ano	15,23	9,00	24,23	—	0,63
2º Ano	11,08	8,19	19,27	—	0,57
3º Ano	10,28	6,32	16,60	—	0,62
4º Ano	22,91	13,57	36,48	—	0,63
5º Ano	50,95	14,69	65,64	—	0,77
Análise conjunta	16,03	10,35	26,04	6,07	0,62

As estimativas dos coeficientes de variação genética, fenotípica e experimental, e índice de variação "b", bem como a percentagem de ganho genético, encontram-se no quadro 8.

Os coeficientes de variação genética ($CV_g\%$) mostraram-se altos para os cinco anos de produção, indicando grande variabilidade genética. Sua utilização possui a vantagem de permitir a comparação da variabilidade genética de diferentes caracteres. De acordo com VALOIS et al. (1980), seu conhecimento tem muita importância num programa de melhoramento genético, por indicar a amplitude de variação genética de um caráter, tendo em vista a possibilidade do seu melhoramento. Os valores obtidos variaram de 22,67 a 38,79%, constatando-se, por exemplo, que o coeficiente de variação genética presente para o quinto ano de produção foi bem superior aos demais.

Os coeficientes de variação experimental ($CV_e\%$) apresentaram valores altos - 17,78% para o terceiro ano e 23,49% para o primeiro - indicando que a tomada de dados de produção mensal está sujeita a erros experimentais. Já as estimativas dos coeficientes de variação fenotípica ($CV_f\%$) variaram de 28,81% para o terceiro ano de produção a 44,03%, no quinto, apresentando a análise conjunta 33,93%.

O parâmetro que auxilia a detectar a variabilidade genética em uma população é o índice "b", que representa o quociente entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, não influenciado, portanto, pela média do caráter. Em seringueira, PAIVA (1980) utilizou-o pela primeira vez em estudos de progênies de meios-irmãos. Segundo VENCOVSKY (1978), esse índice possui a vantagem de fornecer real grandeza do incremento de um caráter dentro de um conjunto de indivíduos em estudo. O maior valor do índice "b", 1,86, foi obtido para o quinto ano de produção, o qual apresentou o maior coeficiente de variação genética, 38,79%, e um dos menores coeficientes de variação experimental, 20,83%. Semelhante ao quinto, os demais anos de produção e a análise conjunta apresentaram também valores superiores a 1,0. Conforme VENCOVSKY (1978), esses resultados indicam a aplicabilidade da seleção para qualquer ano, dentro das condições edafoclimáticas da região onde foi efetuado o plantio.

Os progressos com a seleção foram altos e variaram consideravelmente entre os diferentes anos de produção - Quadro 8 - os maiores foram obtidos para o primeiro, quinto e segundo anos de produção, com ganhos de 39,03, 27,57 e 24,66 respectivamente. No terceiro e no quarto ano de produção, os progressos foram inferiores, 21,13 e 20,40% respectivamente. As altas percentagens de progresso esperado na seleção para o caráter produção decorrem talvez de a seringueira possuir variabilidade genética do tipo aditiva (TAN & SUBRAMANIAN, 1975) contida na variância genética entre as árvores. É possível que o alto percentual de ganho genético no primeiro ano de produção se deva a serem as sangrias efetuadas numa mesma altura e num mesmo painel, contribuindo para redução da variância ambiental.

Encontram-se no quadro 9 os valores das correlações genotípicas e fenotípicas derivadas das estimativas de variâncias e covariâncias entre os anos de produção. As estimativas dos coeficientes de correlações genotípicas e fenotípicas foram significativas e, de modo geral, elevadas. Para ambas as correlações, as maiores magnitudes entre anos foram as observadas entre o

primeiro e o segundo ano ($r_g = 0,8695^{**}$, $r_f = 0,8989^{**}$); segundo e terceiro ($r_g = 0,9168^{**}$, $r_f = 0,9580^{**}$); terceiro e quarto ($r_g = 0,9363^{**}$, $r_f = 0,9694^{**}$), e quarto e quinto ($r_g = 0,9267^{**}$, $r_f = 0,9463^{**}$). Como os resultados obtidos por MARQUES & GONÇALVES (1990), as magnitudes das correlações são gradualmente reduzidas nos anos subseqüentes à sangria, ou seja, as estimativas mais altas estiveram entre as correlações de idades próximas. Grandes magnitudes de correlações do primeiro ano de sangria com os anos subseqüentes concordam com os resultados de HO (1972), ALIKA (1980) e ONG (1981).

QUADRO 8. Estimativas dos coeficientes de variação fenotípica ($C\hat{V}_f\%$), genética ($C\hat{V}_g\%$) e experimental ($C\hat{V}_e\%$), coeficiente de determinação genotípica b (\hat{b}), intensidade de seleção (i), percentagem de seleção (%S), percentagem de ganho genético (%Gs) por ano de produção, relativas às médias de 19 genótipos superiores de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama (SP)

Ano de produção	$C\hat{V}_g\%$	$C\hat{V}_f\%$	$C\hat{V}_e\%$	%S	\hat{b}	i	%Gs
1º Ano	30,56	38,56	23,49	11	1,30	1,6100	39,03
2º Ano	24,97	32,93	21,47	21	1,16	1,3025	24,66
3º Ano	22,67	28,81	17,78	26	1,28	1,1840	21,13
4º Ano	28,89	36,45	22,23	42	1,30	0,8913	20,40
5º Ano	38,79	44,03	20,83	50	1,86	0,8066	27,57
Análise conjunta	26,62	33,93	21,39	32	1,24	1,0783	22,52

QUADRO 9. Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica (r_g) e fenotípica (r_f) entre médias anuais de borracha seca/sangria/árvore, relativas a 19 genótipos superiores de seringueira selecionados na Estação Experimental de Pindorama, SP

Produção média anual	Coefficientes	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
1º Ano	$r_g(x,y)$	0,8695**	0,7672**	0,5646**	0,5125*
	$r_f(x,y)$	0,8989**	0,8989**	0,5908**	0,5287*
2º Ano	$r_g(x,y)$		0,9168**	0,8006**	0,7263**
	$r_f(x,y)$		0,9580**	0,8227**	0,7540**
3º Ano	$r_g(x,y)$			0,9363**	0,9188**
	$r_f(x,y)$			0,9694**	0,9345**
4º Ano	$r_g(x,y)$				0,9267**
	$r_f(x,y)$				0,9463**

* Significativo ao nível de 0,05. ** Significativo ao nível de 0,01.

4. CONCLUSÕES

1) A análise da variância conjunta dos cinco anos de produção mostra a existência de interação genótipo x ano altamente significativa.

2) O coeficiente de variação experimental foi aparentemente alto para todos os anos avaliados, sob as mesmas condições edafoclimáticas, indicando que o componente genótipo x mês dentro de ano foi alto.

3) Além da variabilidade genética obtida entre os genótipos, confirmada tanto pela variância genética como pelo coeficiente de variação genética, obtiveram-se diferenças significativas dos genótipos durante os anos de produção.

4) Os valores dos coeficientes de variação genética para produção foram, de modo geral, de magnitudes elevadas, indicando grande amplitude de variação genética, com possibilidade de melhoramento para o caráter.

5) As produções médias anuais de borracha seca/corte/genótipo apresentaram alto grau de associação genotípica e fenotípica.

6) A magnitude do índice "b" revelou ser esse conjunto de genótipos caracterizado por uma grande proporção de variabilidade genética, o que indica ampla possibilidade de sucesso no melhoramento.

7) Valores elevados obtidos para a estimativa de herdabilidade e ganho genético, já no 1º ano, indicam que a seleção massal conduzida nesta fase proporcionou efetivamente maior progresso na seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIKA, J.E. Possibilities of early selection in *Hevea brasiliensis*: short note. *Silvae Genetica*, Frankfurt, 29(3-4):161-162, 1980.
- BUTTERY, B.R. & BOATMAN, S.G. Water deficits and flow of latex. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. *Water deficits and plant growth*. New York, Academic Press, 1976. v.4, cap.6, p.233-289.
- CAMPINAS. Instituto Agrônomo. *Relatório técnico anual das atividades: PNP - Seringueira - 1988*, coordenado por Mário Cardoso. Campinas, 1989. 45p.
- CARDOSO, M. *A seringueira em São Paulo*. s.n.t. 8p. (Datilografado)
- FALCONER, D.S. *Introducción a la genética cuantitativa*. México, Comp. Editorial Continental, 1976. 430p.
- FISHER, R.A. & YATES, F. *Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura*. Trad. de S. L. Haim. São Paulo, Polígono, 1971. 150p.
- GONÇALVES, P. de S. Collection of *Hevea* materials from Rondonia Territory in Brasil: a preliminary study. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(4):575-582, 1982.

- GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M. & SÁES, L.A. Estimativas de repetibilidade na seleção de árvores adultas de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 25(7):1031-1038, 1990.
- ; ROSSETTI, A.G.; VALOIS, A.C.C. & VIEGAS, I. de J.M. Coeficiente de determinação genotípica e estimação de outros parâmetros em clones de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 18(5):527-532, 1983.
- HO, C.Y. *Investigation on shortening the generative cycle for yield improvement in Hevea brasiliensis*. New York, Cornell University, 1972. 120p. Tese (Mestrado).
- HUANG, Z. & ZHENG, X. Rubber cultivation in China. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALASYA PLANTERS' CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1983. *Proceedings*. Kuala Lumpur, 1983. p.31-47.
- JAYASEKERA, N.E.M. A bases for selecting *Hevea* clones stable to unpredictable agro-climatic variability. *Silvae Genetica*, Frankfurt, 32:56, 1983.
- ; SAMARANAYAKE, P. & KARUNASEKERA, K.B. Initial studies on the nature of genotype-environment interactions in some *Hevea* cultivars. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka*, Agalawatta, 54:33-42, 1977.
- KEMPTHORNE, O. *An Introduction to genetic statistics*. Ames, Iowa State University Press, 1973. 545p.
- LEPSCH, I.F. & VALADARES, J.M.A.S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, SP. *Bragantia*, Campinas, 35(2):13-40, 1976.
- MAAS, J.G.J.A. Breeding of *Hevea brasiliensis* at the Government Agricultural Enterprises. *Anchief voor de Rubber Cultuur in Nederlandsch-Indie*, Buitenzorg, 18:58-81, 1934.
- MARQUES, J.R.B. & GONÇALVES, P. de S. Testes precoces de produção na seleção de plantas de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 25(7):1065-1077, 1990.
- ONG, S.H. Correlation between yield, girth and bark thickness of RRIM trials. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, 29(1):1-14, 1981.
- ONOKPISE, O.U.; OLAPADE, O. & MEKAKO, H.U. Genotype x environment interaction in *Hevea brasiliensis* (Muell., Arg.). *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding*, New Delhi, 46(3):506-514, 1986.
- ORTOLANI, A.A. Agroclimatologia e o cultivo da seringueira. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., Piracicaba, 1986. *Trabalhos apresentados*. Campinas, Fundação Cargill, 1986. cap.2, p.11-32.
- . Aptidão climática para cultura da seringueira em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 11(121):8-12, 1985.
- PAIVA, J.R. de. *Estimativa de parâmetros genéticos em seringueira (Hevea spp.) e perspectivas de melhoramento*. Piracicaba, ESALQ, 1980. 92p. Dissertação (Mestrado).

- PINHEIRO, E.; PINHEIRO, F.S.V. & ALVES, R.M. Comportamento de alguns clones de *Hevea*, em Açailândia, na região pré-amazônica maranhense (dados preliminares). In: SEMINÁRIO NACIONAL DA SERINGUEIRA, 3., Manaus. 1980. *Anais*. Brasília, SUDHEVEA, 1980. p.101-129.
- PUSHPARAJAH, E. Differential reaction of clones to soils and nutrient status. In: HEVEA BREEDING COURSE: lecture notes. Kuala Lumpur, RRIM, 1980. p.9.
- RIBEIRO, S.I. *Comportamento de clones de seringueira (Hevea spp.) em Porto Velho*. Lavras, ESAL, 1983. 59p. Dissertação (Mestrado).
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
- SWAMINATHAN, M.S. Recent trends in plant breeding. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1975. *Proceedings*. Kuala Lumpur, RRIM, 1976. v.1, p.143-158.
- TAN, H. & SUBRAMANIAN, S. A five diallel cross analyses for certain characters of young *Hevea* seedlings. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1975. *Proceedings*. Kuala Lumpur, RRIM, 1976. v.2, p.13-16.
- VALOIS, A.C.C.; SCHMIDT, G.S. & SANOTTO, M.D. *Análise de qualidade e quantidade de grãos em população de milho (Zea mays L.)*. Piracicaba, ESALQ, 1980. 53p.
- VASCONCELLOS, M.E. da C. *Análise do coeficiente de caminamento ("Path coefficient") e estimativas de parâmetros genéticos em clones de seringueira (Hevea spp.)*. Piracicaba, ESALQ, 1982. 77p. Dissertação (Mestrado).
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*, coord. por E. Paterniani. Piracicaba, Fundação Cargill/ESALQ, 1978. p.122-195.
- WHITBY, G.S. Variation in *Hevea brasiliensis*. *Annals of Botany*, London, 33:313-321, 1919.