

COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE E EFICIÊNCIA DO MINITESTE DE PRODUÇÃO NA SELEÇÃO DE PLANTAS DE SERINGUEIRA¹

PAULO DE SOUZA GONÇALVES², ADROALDO G. ROSSETTI³ e JOÃO RODRIGUES DE PAIVA²

RESUMO - O presente estudo foi conduzido com o objetivo de determinar o número adequado de minitests de produção na seleção de plântulas de genótipos superiores em viveiros de seringueira (*Hevea* sp.). Foram utilizados três minitests em plântulas de polinização aberta do clone RRIM 600 e em seguida estimados os coeficientes de repetibilidade (r) para dois e três testes. No cálculo do coeficiente para três testes, foram estimadas as variâncias entre plantas, através da análise de variância, que utiliza teste como repetição ($\hat{\sigma}_p^2 = 297,4232$) e análise com efeito de teste isolado ($\hat{\sigma}_t^2 = 300,5388$) e pela metodologia apresentada por Vencovsky ($\hat{\sigma}_a^2 = 297,1777$). As estimativas dos coeficientes de repetibilidade pelos três processos foram $r = 0,7736$, $r = 0,7946$ e $r = 0,7731$, respectivamente, indicando que a variância ambiental dentro de plantas foi relativamente baixa comparada com a variação existente entre plantas. O coeficiente de repetibilidade encontrado para os dois primeiros testes ($r = 0,8317$) foi ligeiramente superior aos encontrados para três testes, evidenciando que o valor do coeficiente de repetibilidade tende a ser inversamente proporcional ao número de testes aplicados.

Termos para indexação: *Hevea* sp., plântulas, variância ambiental, correlação linear.

REPEATABILITY COEFFICIENT AND EFFICIENCY OF MICRO TAPPING TEST IN SEEDLINGS OF RUBBER TREE

ABSTRACT - The present study was carried out to determine the number of micro tapping test required to select seedlings of superior genotype in rubber tree (*Hevea* sp.) stock nursery. Three rounds of tests were carried out on half sib seedlings of RRIM 600 clone. Repeatability coefficient (r) was estimated with two round and three round tests. For three round tests, the variances were estimated among plants in three different ways: a. analysis of variances that utilize one round test as replication ($\hat{\sigma}_p^2 = 297.4232$); b. analysis of variance isolating the effect of the test ($\hat{\sigma}_t^2 = 300.5388$) and c. by Vencovsky's method ($\hat{\sigma}_a^2 = 297.1777$). The values of repeatability coefficient estimated above were $r = 0.7736$, $r = 0.7946$ and $r = 0.7731$ respectively. These results show that the environmental variance within plant was low when compared with the variance among plants. The repeatability coefficient for two round tests ($r = 0.8317$) was superior to three round tests, indicating that this value is inversely related to the number of tests utilized.

Index terms: *Hevea* sp., genotype, environmental variance, linear correlation.

INTRODUÇÃO

A necessidade de desenvolver testes que possibilitem a determinação da capacidade de produção da seringueira (*Hevea* sp.) na fase juvenil tem motivado uma constante procura pelos melhoristas da seringueira.

Cramer (1938) foi o primeiro a introduzir um método aplicável a plantas jovens, em viveiro, visando a selecionar as seringueiras mais produtivas, com um

ano de idade ou pouco mais. Este teste foi bastante usado nos trabalhos de seleção efetuados pela antiga Companhia Ford Industrial do Brasil, porém seus resultados não foram muito precisos, principalmente pela subjetividade da classificação e pelo fato de ter sido aplicado uma única vez. (Brasil. SUDHEVEA. 1970).

O Instituto Agronômico de Campinas desenvolveu um novo método - o "miniteste de produção" -, que permite o estudo da capacidade de produção de plantas muito jovens, com menos de seis meses de idade (Mendes 1971). Este teste vem sendo usado nos estudos da seringueira, já há algum tempo, no Centro Nacional de Pesquisas de Seringueira e Dendê e em outras instituições de pesquisa, tais como a Faculdade de Ciências Agrárias do Pará e a CEPLAC.

O teste ainda se encontra em fase de estudos, mas os resultados já obtidos parecem indicar que se consti-

¹ Aceito para publicação em 8 de outubro de 1981. Trabalho realizado com a participação de recursos financeiros do convênio SUDHEVEA/EMBRAPA.

² Eng.º Agr., M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê - CNPSD/EMBRAPA, Caixa Postal 319 - CEP 69000 - Manaus, AM.

³ Matemático, M.Sc., EMBRAPA/CNPSD, Manaus, AM.

tuirá num teste de bastante utilidade e precisão em trabalhos de seleção de seringueiras quanto à capacidade de produção. Entretanto, existe pouca informação acerca do número de testes necessários na mesma planta, para que se obtenham resultados mais concretos em relação à sua eficiência. Para tanto, necessário se torna, do ponto de vista experimental, tomar mais de uma medida de cada genótipo, como critério para a seleção de plântulas ou clones.

De acordo com Falconer (1960), as vantagens do coeficiente de repetibilidade consistem em que este define o limite superior do valor do coeficiente de herdabilidade (h^2) e também o grau de determinação genética do caráter estudado. O mesmo autor enfatiza outra grande utilidade, que é a de permitir determinar quantas observações fenotípicas devem ser feitas em cada indivíduo para que a seleção seja praticada com eficiência e o mínimo de trabalho.

O presente estudo objetiva avaliar a eficiência do miniteste de produção na seleção de plantas em viveiro de um ano de idade, estimar a capacidade maior ou menor que têm as plantas de repetirem a expressão do caráter, e determinar se dois ou três testes, utilizados por planta neste estudo, são suficientes para que a seleção seja conduzida.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em 1978, no Campo Experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPSP), localizado no km 28 da rodovia AM-010, em Manaus, AM, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Foram utilizadas sementes originárias de polinização aberta do clone RRIM 600, de plantios de Belterra, Estado do Pará.

As plantas, quando em condições de viveiro, ocuparam uma área de 0,3 ha, no espaçamento de 1 m x 0,5 m x 0,3 m, em linhas únicas. Receberam todos os tratamentos culturais convencionais, compreendendo adubação química, aplicação de herbicidas e controle fitossanitário dispensados normalmente a viveiros até aos dez meses de idade (EMBRAPA 1976).

Após um ano, foi efetuada, no viveiro, a seleção das plantas, tomando-se por base a associação dos testes de Cramer e de Mendes (Valois 1977).

A aplicação do teste de Cramer, que envolve um sistema de classificação de cinco grupos, consiste em uma seleção prévia das plantas no viveiro. No presente estudo, foram descartadas as plantas classificadas nos três primeiros grupos, a fim de que a seleção fosse mais severa. As plantas dos grupos IV e V no sistema de classificação foram selecionadas para o miniteste de produção, por apresentarem bons valores para o caráter procurado, evitando-se, desta forma, o desperdício de tempo na aplicação do miniteste em plantas de baixa produção de borracha. Pelo teste de Cramer, 20% das plântulas, com-

preendendo um total de 92, foram previamente selecionadas, para serem utilizadas no miniteste de produção.

Nas plantas selecionadas, foi utilizado o miniteste de produção, objetivando uma segunda seleção, a fim de se determinarem as plantas com genótipos superiores. Foram utilizados três testes, espaçados em 20 dias um do outro. As determinações de produção pelo miniteste foram feitas para dez cortes em dias alternados, levando-se em consideração o peso médio de borracha seca/corte/plântulas.

Para os cálculos das estimativas das variâncias, foram utilizados os componentes da análise de variância que se seguem:

$$\sigma^2 = Q_1$$

$$\sigma_y^2 = (Q_2 - Q_3)/r,$$

onde

Q_1 = quadrado médio entre testes;

Q_2 = quadrado médio entre plantas;

Q_3 = quadrado médio da interação entre testes x plantas;

r = número de testes aplicados em cada planta.

Foi feita também a análise de variância, considerando-se o delineamento inteiramente casualizado, onde os testes traduziram-se como repetição em um mesmo indivíduo, estimando-se as variâncias dentro de plantas e entre planta, como se segue:

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

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{QM_r - QM_p}{3} ; \text{ onde}$$

QM_r = quadrado médio residual;

QM_p = quadrado médio entre plantas;

$\hat{\sigma}_e^2$ = variância residual devida às diferenças entre dentro de planta;

$\hat{\sigma}_p^2$ = variância devida às diferenças entre plantas.

O coeficiente de repetibilidade (r) foi estimado segundo a metodologia dada por Vencovsky (1973), para os dois primeiros testes, e em seguida para os três testes:

$$r = \frac{\sigma_y^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_y^2} , \text{ onde}$$

$\hat{\sigma}^2$ = variância devida a fatores ambientais;

$\hat{\sigma}_y^2$ = variância devida às diferenças genéticas entre as plantas e parte devida a fatores ambientais.

Tendo-se como base os resultados dos três minitestes das 92 plantas, efetuou-se um estudo de correlação linear simples entre os mesmos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes à análise de variância do peso médio de borracha seca/corte/planta. Para três minitestes realizados em uma mesma planta, houve diferença significativa entre eles ao nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste "F", utilizando-se do quadrado médio da interação para testar efeito de testes. Esta diferença decorre, provavelmente, da existência de efeitos ambientais e de efeitos de interação entre testes x planta, que mascaram a expressão do valor genotípico das plantas, porque a variação do peso, em miligramas, de borracha, da mesma planta, não poderá ser de natureza genética.

Nos mesmos testes realizados, foi observado que as plantas não foram capazes de repetir seu desempenho (peso de borracha seca em miligramas) teste após teste,

no intervalo de 20 dias. As melhores plantas num teste não foram necessariamente as melhores em outro teste, o que caracteriza os efeitos de interação entre testes x plantas, razão pela qual Vencovsky (1973) enfatiza o uso do coeficiente de repetibilidade como um parâmetro para medir esta capacidade - maior ou menor - que as plântulas têm, de repetir a expressão do caráter estudado.

A variância ambiental estimada entre testes dentro de plantas, segundo metodologia citada por Vencovsky (1973), foi de 87,1950, semelhante à estimada através da análise de variância (87,0315), utilizando-se teste como repetição (Tabela 2). Para análise de variância, isolando-se o efeito de teste, a estimativa da variância entre testes x plantas foi de 77,6846. Estes resultados indicam que o caráter produção de borracha, avaliado precocemente pela aplicação do miniteste de produção, sofre grandes variações de um teste para outro (Tabela 3). As estimativas da variância

TABELA 1. Análise de variância relativa ao peso médio de borracha seca/corte/planta, em um estudo de repetibilidade para miniteste de produção de seringueira de um ano de idade. Manaus, AM, 1980.

Fonte de variação	G.L.	Q.M	E(QM)	F
Testes (MTP)	2	937,5923	$\sigma^2 + 92 \sigma^2$	12,07**
Plantas	91	979,3012	$\sigma^2 + 3 \sigma_y^2$	12,61**
Testes x Plantas	182	77,6846	σ^2	
Média :	28,91 mg	$\hat{\sigma}^2 = 77,6846$		
C.V. (%) :	30,49 %	$\hat{\sigma}_y^2 = 300,5388$		

** P < 0,01

TABELA 2. Análise de variância relativa ao peso médio de borracha seca/corte/planta em plantas de seringueira de um ano de idade. Manaus, AM, 1980.

F.V.	G.L.	Q.M.	E (QM)	F
Plantas	91	979,3012	$\sigma_e^2 + 3 \sigma_p^2$	11,25**
Resíduo	184	87,0315	σ_e^2	
Média =	27,47	$\hat{\sigma}_e^2 = 87,0315$		
C.V. (%) =	33,96	$\hat{\sigma}_p^2 = 297,4232$		

** P < 0,01

TABELA 3. Estimativas das variâncias entre testes dentro de plantas para dois (σ_1^2) e três (σ_2^2) minitestes de produção em plantas de seringueira de um ano de idade. Manaus, AM, 1980.

Planta Nº	σ_1^2	σ_2^2	Planta Nº	σ_1^2	σ_2^2
20	202,00	389,51	38	11,14	6,52
32	397,62	201,06	82	45,31	32,16
51	32,40	1993,82	87	8,12	8,73
21	352,98	290,39	92	5,88	17,70
66	348,22	507,49	67	6,41	35,94
60	76,88	41,24	44	0,56	7,49
27	162,54	133,06	22	17,88	9,34
15	37,58	58,36	79	0,01	5,55
12	839,68	864,41	84	1,73	24,67
78	19,03	74,06	31	0,44	1,10
43	10,72	6,11	42	4,90	5,28
69	0,13	90,21	71	0,39	3,50
07	243,10	129,57	73	0,29	11,71
56	159,13	156,28	87	220,29	282,13
24	31,52	15,96	88	10,63	185,73
05	83,33	62,34	76	3,51	28,37
35	1,31	177,14	19	6,41	5,84
86	24,71	108,40	48	3,81	2,46
89	2,06	130,46	36	71,04	59,55
83	6,02	63,00	49	128,96	138,58
58	2,42	71,20	46	85,94	44,14
28	0,45	27,02	55	45,70	44,40
03	27,08	22,76	34	14,85	108,91
29	2,58	16,50	04	25,92	14,86
47	5,64	24,21	16	0,06	10,28
68	0,48	2,11	64	146,55	115,91
09	52,02	41,15	72	33,46	21,24
50	0,68	0,79	91	106,87	108,65
14	39,16	26,38	23	5,41	18,97
59	36,04	22,21	77	57,24	55,56
26	109,08	59,54	80	100,96	58,43
30	1,57	1,18	37	1,04	40,92
75	7,49	3,91	53	16,94	40,74
54	4,65	4,01	39	0,23	0,36
61	41,59	23,69	65	20,93	27,24
33	193,26	110,15	70	10,76	19,08
41	0,84	2,11	90	0,33	24,28
08	53,66	47,90	74	0,07	7,44
45	1,01	29,52	11	53,04	45,52
18	0,06	0,03	52	61,16	36,27
25	0,29	0,14	06	17,88	9,13
17	50,10	25,70	81	11,66	11,07
01	0,21	24,27	63	215,07	108,60
10	18,54	10,91	40	0,52	4,72
62	0,91	14,56	85	8,08	14,05
13	0,30	1,58	02	29,34	37,30

ambiental dentro de plantas contém também os efeitos da interação entre testes x plantas, sendo que esta se evidencia como bastante elevada. Este fato pode ser explicado, observando-se que seringueiras jovens em viveiro, durante o ano todo, emitem novos fluxos de folhas, caracterizando uma periodicidade no crescimento, e que uma mesma planta pode apresentar diferentes estádios foliares na época de aplicação dos testes, havendo alteração nos mecanismos fisiológicos da planta, e, conseqüentemente, exercendo influência direta sobre a produção de látex.

A estimativa da variância entre plantas foi de 297,4232 - calculada a partir da análise de variância, usando-se teste como repetição (Tabela 2) - e de 300,5388 - isolando-se o efeito de teste (Tabela 1). A estimativa pela metodologia apresentada por Vencovsky (1973) foi de 297,1777, evidenciando uma boa uniformidade entre as três estimativas calculadas por processos diferentes.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade, utilizando-se as variâncias estimadas pelos três processos, foram de 0,7732, 0,7736 e 0,7946, respectivamente pela metodologia de Vencovsky (1973), pela análise de variância - que utiliza teste como repetição - e pela análise com o efeito de teste isolado, indicando que a variância ambiental dentro de plantas foi relativamente baixa, comparada com a variância existente entre as plantas.

A estimativa do coeficiente de repetibilidade encontrada para os dois primeiros testes, utilizando-se as variâncias estimadas pela metodologia de Vencovsky (1973), foi ligeiramente superior (0,8317) às encontradas para três testes. Este resultado é devido a menor variância estimada dentro de plantas (57,5955), indicando que existe uma tendência de aumento destas estimativas à medida que aumenta o número de testes (Tabela 3), evidenciando, portanto, uma maior interação testes x plantas. Com estes dados preliminares, não está fora de propósito considerar que as estimativas dos coeficientes de repetibilidade do desempenho da capacidade produtiva de plântulas de seringueira, avaliada pelo miniteste de produção, tenderão a diminuir à medida que aumenta o número de testes aplicados.

Foi observado que, se a variância devida às diferenças genéticas entre as plantas (σ_v^2), para o cálculo do coeficiente de repetibilidade (\hat{r}), fosse de natureza unicamente genética, ter-se-ia chegado a um coeficiente de herdabilidade (h^2). De acordo com Falconer (1960), esta variância não é só de natureza genética, pois, além desta, ela contém uma va-

riação ambiental, em virtude das diferenças de ambiente que ocorrem entre plantas.

Além de outras vantagens, Falconer (1960) enfatiza que, através do coeficiente de repetibilidade (r), pode-se conhecer a magnitude do coeficiente de herdabilidade (h^2), por ser aquele o limite superior deste. Em geral, em plantas panmíticas - como é o caso da seringueira -, o cálculo do coeficiente de herdabilidade é trabalhoso, pois exige cruzamentos controlados e estudos com progênies. De acordo com o referido autor, estimar o coeficiente de repetibilidade (r) é, porém, bem mais simples, e desta forma pode-se saber se a herdabilidade do caráter em estudo será alta ou baixa.

Na Tabela 4, estão apresentadas as estimativas dos coeficientes de correlação linear simples entre os três minitestes de produção. Entre todas as combinações, os coeficientes foram significativos ao nível de 0,001 de probabilidade, e, de um modo geral, elevados. Observa-se que existe uma tendência de diminuição dos coeficientes estimados entre o primeiro miniteste e os subsequentes, isto, provavelmente, em virtude do aumento das variâncias estimadas entre os testes considerados (Tabela 3). Por outro lado, isto não significa que o coeficiente de correlação entre o primeiro e o n -ésimo teste tenderá a zero, pois a partir do segundo ano observa-se que em plântulas existe uma tendência de regularização da emissão de novos fluxos de lançamento foliar e que provavelmente haverá uma diminuição dessas variâncias, ou então, aumento da estimativa da covariância entre os testes considerados.

TABELA 4. Estimativas de correlações lineares simples entre os três minitestes de produção em plantas de seringueira de um ano de idade. Manaus, AM, 1980.

M.T.P.	M.T.P. I	M.T.P. II	M.T.P. III
M.T.P. I	1,0000	0,8659***	0,7448***
M.T.P. II	-	1,0000	0,8151***
M.T.P. III	-	-	1,0000

*** $P < 0.001$

CONCLUSÕES

1. O valor do coeficiente de repetibilidade tende a ser inversamente proporcional ao número de testes aplicados, em função do aumento das variâncias entre testes, para plântulas de seringueira.
2. A seleção feita com base em dados fenotípicos para produção, como seleção massal, tende a ter uma eficácia bastante satisfatória, principalmente se as plantas avaliadas não se encontram emitindo novos fluxos de lançamentos foliares.
3. O alto valor do coeficiente de repetibilidade indica que a variação existente dentro de plantas é relativamente menor do que a existente entre plantas.
4. Existe grande variação da produção entre os três testes estudados e pressupõe-se que existe uma tendência de aumentar esta variação à medida que aumenta o número de testes aplicados, em função do estágio de desenvolvimento do último fluxo de lançamento foliar, até determinada idade das plântulas.

REFERÊNCIAS

- CRAMER, P.J.S. *Grafting young rubber plants with "testatex" knife*. London, s.ed., 1938. (Paper, 62).
- BRASIL. SUDHEVEA. *Heveicultura no Brasil: relatório do CEPLASE*. Rio de Janeiro, 1970, 255p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Seringueira. Manaus, AM. *Sistemas de produção para seringueira*. Manaus, 1976, 24p. (CNPSe. Sistema de Produção. Circular, 89).
- FALCONER, D.O. *Introduction to quantitative genetics*. London, Oliver and Boyd, 1960, 365p.
- MENDES, L.O.T. Poliploidização da seringueira; um novo teste para determinação da capacidade de produção de seringueiras jovens. *Polímeros*, São Paulo, (1):22-30, 1971.
- VALOIS, A.C.C. Descrição sumária da metodologia utilizada na obtenção dos clones Fx e IAN. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Seringueira. *Curso intensivo de heveicultura para técnicos agrícolas*. Manaus, 1977. v.1.
- VENCOVSKY, R. *Princípios de genética quantitativa*. Piracicaba, ESALQ, 1973. 97p.