

ÍNDICE DE SELEÇÃO PARA CLONES DE SERINGUEIRA¹

MARIA ELIZABETH DA COSTA VASCONCELLOS, PAULO DE SOUZA GONÇALVES²,
AFONSO CELSO CANDEIRA VALOIS³ e CLÓVIS POMPILO DE ABREU⁴

RESUMO - Foi estabelecido um índice de seleção para clones de seringueira (*Hevea* spp.), utilizando-se nove caracteres relacionados com o vigor da planta e com o sistema laticífero. O delineamento utilizado foi em látice 5 x 5, com seis plantas úteis por parcela. O índice de seleção estimado apresentou valor negativo para os caracteres altura da planta e tamanho médio de lançamento, evidenciando a vantagem da seleção de plantas mais baixas e conduzindo a uma exploração mais precoce do seringal.

Termos para indexação: *Hevea* spp., melhoramento genético.

SELECTION INDEX FOR RUBBER TREE

ABSTRACT - Utilizing nine characters concerned to plant vigor, and to the laticiferous system, a selection index for rubber tree (*Hevea* spp) was established. A 5 x 5 triple lattice design with six plant per plot was considered in this study. The estimated selection index showed negative value for the plant height and average of whorls length. That result showed certain advantage for selection of short plants.

Index terms: selection index, clones, genetic improvement.

INTRODUÇÃO

Com a finalidade de obter subsídios para o aprimoramento dos programas de melhoramento genético da seringueira, tem-se tentado aperfeiçoar as técnicas de identificação de genótipos, através da seleção simultânea de múltiplos caracteres. Em um esquema seletivo, no estudo de parâmetros genéticos, o caráter produção de borracha constitui um dos principais objetivos no melhoramento dessa cultura; entretanto, deve-se levar em conta outras variáveis na seleção de um clone (Tan 1977).

Através de uma função discriminante, Smith (1936) desenvolveu a teoria dos índices de seleção para a escolha de uma variedade, de acordo com os seus valores genotípicos. Esta metodologia é de grande importância, porque considera, na sua construção, todos os caracteres conjunta-

mente, apresentando uma maior eficiência do que a seleção em tandem (Hazel & Lush 1943).

Searle (1965), trabalhando com dois caracteres e unindo-os num índice de seleção, concluiu que este procedimento é melhor que o uso de tais caracteres separadamente, especialmente se a herdabilidade for baixa, e a correlação fenotípica for próxima de um.

O uso de muitos caracteres no índice de seleção torna difícil a sua utilização na prática, embora se saiba que quanto maior for o número de caracteres envolvidos no índice, maior será a resposta na seleção (Wolff 1972). Sprague (1967), apesar de reconhecer as dificuldades e desvantagens do emprego de índices de seleção, afirma que, com o melhoramento sucessivo de uma espécie, há necessidade do uso de técnicas cada vez mais refinadas para obter progressos substanciais, justificando, dessa forma, o emprego do índice de seleção.

É importante ressaltar que o progresso resultante, com base no índice, pode ser, algumas vezes, menor que o progresso máximo alcançável (Harris 1963), pois a precisão das estimativas da variância e covariância é geralmente baixa (Hallauer & Miranda Filho 1981), principalmente quando se considera um pequeno número de clones, resultando num baixo número do grau de liberdade da amostra. Certas estimativas devem ser tomadas com cautela, pois, conforme Herbert et al. (1955), as estimativas de variância, baseadas em dados inadequa-

¹ Aceito para publicação em 15 de agosto de 1983.

Trabalho realizado com a participação de recursos financeiros do Convênio SUDHEVEA/EMBRAPA.

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

³ Eng.^o Agr.^o, Dr., Assessor da Diretoria Executiva da EMBRAPA, Caixa Postal 04.0315, CEP 70333 - Brasília, DF.

⁴ Eng.^o Agr.^o, Dr., Prof.-Assist., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Departamento de Matemática e Estatística, Caixa Postal 9, CEP 13400 - Piracicaba, SP.

dos, podem levar a conclusões errôneas, principalmente se essas estimativas forem baseadas em dados de um ano e de um local.

Valois et al. (1979), trabalhando com seringueira, citaram que a técnica de seleção massal torna-se, muitas vezes, sem eficiência quando os caracteres em estudo são bastante influenciados pelo meio ambiente, como é o caso da produção de borracha e dos caracteres correlacionados com o vigor da planta. Portanto, para um ganho genético máximo é necessário que se desenvolvam índices de seleção.

Paiva et al. (1982b), avaliando clones de seringueira através de índices de seleção, concluíram que não houve vantagem na utilização de índices com maior número de caracteres, pois esta prática não induziu a um maior progresso esperado, na seleção dos melhores clones. Entretanto, esses autores sugerem que sejam feitos novos estudos incluindo índices com outras combinações de caracteres, com um maior número de clones, bem como a repetição desses estudos, quando os clones atingirem a fase adulta.

Neste trabalho, procurou-se estabelecer um índice de seleção para clones de seringueira, considerando nove caracteres.

MATERIAL E MÉTODOS

O material básico deste trabalho constituiu-se de vinte e cinco clones de seringueira (*Hevea spp.*), integrantes de um ensaio de competição de clones do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê, estabelecido em Manaus, AM, em 1979. O experimento foi instalado no delineamento em látice 5 x 5, com três repetições e seis plantas úteis por parcela de 126 m², no espaçamento 7 m x 3 m. Os tratamentos utilizados no experimento são constituídos dos seguintes clones: IAN 6158, IAN 717, IAN 6717, IAN 2945, IAN 2829, IAN 4488, IAN 2925, IAN 3384, IAN 6121, Fx 3864, Fx 3925, Fx 25, Fx 4037, IAC 222, IAC 206, IAC 207, AC 53, AC 55, AC 68, Ro 60, Ro 54, PFB 1, PFB 4, PFB 26 e Alter do Chão. A coleta dos dados foi feita no ano agrícola de 1980, após um ano de plantio, e apresenta os seguintes caracteres:

- a) Produção de borracha seca, em mg através da média de três minitestes de produção.
- b) Caracteres relacionados com o vigor da planta:
 - 1. altura da planta (AP), em m;
 - 2. diâmetro do caule (D), em cm;
 - 3. número de lançamentos (NL);

- 4. tamanho médio de lançamentos (TML), em m;
- 5. espessura de casca (EC), mm.
- c) Caracteres relacionados com o sistema laticífero:
 - 1. diâmetro dos vasos laticíferos (DVL), em μ ;
 - 2. densidade dos vasos laticíferos (DENS), em 5 mm de anéis;
 - 3. número de anéis de vasos laticíferos (NA).

Para a construção do índice de seleção, foram utilizadas as estimativas das variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas dos caracteres relacionados com o vigor da planta e com o sistema laticífero, segundo o delineamento em blocos casualizados, ao nível de média dos clones. Dessa forma, operando-se com os quadrados médios entre clones (Q_2) e do resíduo (Q_3), foram obtidas as estimativas da variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$) e ambiental (σ_e^2). $\sigma_G^2 = (Q_2 -$

$$- Q_3)/r \text{ e } \sigma_e^2 = \frac{Q_3}{r} . \text{ A variância fenotípica foi estimada por } \sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_e^2$$

Os produtos médios entre os caracteres foram obtidos, segundo Kempthorne (1966). As estimativas das covariâncias foram obtidas de maneira análoga às das variâncias, substituindo-se os quadrados médios pelos produtos médios.

Utilizando-se as estimativas da variância e covariância calculadas, a maximização da correlação entre o índice que mede o valor genotípico e o valor fenotípico (Smith 1936, Brim et al. 1959, Henderson 1963), leva ao seguinte sistema de equações:

$$GA = DB$$

onde G é a matriz das variâncias e covariâncias genéticas; A, o vetor dos coeficientes a_i ; F, a matriz das variâncias e covariâncias fenotípicas; e B, o vetor do índice de seleção b_i . Representando matricialmente o sistema, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{AP(G)}^2 & \hat{\sigma}_{AP,D(G)} & \dots & \hat{\sigma}_{AP,P(G)} \\ \hat{\sigma}_{D,AP(G)} & \hat{\sigma}_D^2(G) & \dots & \hat{\sigma}_{D,P(G)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{\sigma}_{AP,P(G)} & \hat{\sigma}_{D,P(G)} & \dots & \hat{\sigma}_P^2(G) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{AP} \\ a_D \\ \dots \\ a_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{AP(F)}^2 & \hat{\sigma}_{AP,D(F)} & \dots & \hat{\sigma}_{AP,P(F)} \\ \hat{\sigma}_{D,AP(F)} & \hat{\sigma}_D^2(F) & \dots & \hat{\sigma}_{D,P(F)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{\sigma}_{PA,P(F)} & \hat{\sigma}_{D,P(F)} & \dots & \hat{\sigma}_P^2(F) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_k \end{bmatrix}$$

Os pesos de a_i , elemento da matriz A, devem ser tomados segundo critério preestabelecido que, em geral, depende do valor econômico do caráter.

No presente trabalho, os valores dos pesos do a_i foram dados segundo Robinson et al. (1951), Gutierrez (1974), Valois et al. (1979) e Paiva (1980). Segundo esses autores,

o peso a_i para o caráter de maior valor econômico, que no caso é a produção da borracha seca, recebe o valor um (1), e o peso dos demais caracteres o valor zero (0). Os coeficientes b_i , elementos da matriz B, que constituem o índice, foram obtidos pela inversão da matriz F.

Estimados os valores de b_i , o índice de seleção é representado pela equação linear.

$$I = b_1 (AP) + b_2 (D) + \dots + b_k (P)$$

onde I é o valor fenotípico de um determinado clone considerado k caracteres.

O ganho genético através do índice de seleção foi obtido pela fórmula proposta por Robinson et al. (1951):

$$GS = i \sqrt{b_1 \sigma_G (AP,P) + b_2 \sigma_G (D,P) + \dots + b_k \sigma^2 (P)}$$

onde

i = coeficientes associados às intensidades de seleção (Falconer 1972) que, no presente trabalho, correspondem à intensidade de seleção de 20%.

No cálculo de i, foram tomados os números correspondentes à tabela XX apresentada por Fisher & Yates (1971); correspondem aos cinco primeiros números, extraindo a média, em decorrência de ser o número de tratamentos inferior a 50.

O ganho genético, em percentagem do índice médio da população, foi conhecido através da seguinte fórmula, conforme Valois et al. (1979).

$$G_s \% = \frac{G_s}{I} \times 100, \text{ onde } I \text{ é a média geral dos índices.}$$

O ganho de seleção para os caracteres, com base na seleção massal, foi obtido através da fórmula:

$$G_s = i \frac{\sigma_G^2}{\sqrt{\sigma_G^2 + \sigma_E^2} \cdot r}$$

onde o valor de i é o mesmo do ganho do índice de seleção.

Foi calculada a herdabilidade do índice de seleção, de acordo com Lin & Allaire (1977) e Nordskog (1978) onde:

$$h^2_I = \frac{b'Gb}{b'Pb}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios da análise da variância para os caracteres em estudo estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que, para todos os caracteres, detectaram-se diferenças estatísticas significativas entre os clones, indicando a existência de variabilidade genética para o conjunto de clones estudados.

TABELA 1. Valores e significâncias dos quadrados médios, ao nível de média de plantas, obtidos para os caracteres estudados.

Fonte de variação	QM(AP)**	QM(DIAM)**	QM(NL)**	QM(TNL)**	QM(INA)*	QM(DUL)*	QM(PENS)*	QM(EC)**	QM(P)*
Blocos 2									
Clones 24	0,584059	0,361475	3,064322	61,046395	0,452175	1,259614	1835,973705	0,128588	844,706773
Resíduo 48	0,042015	0,043623	0,291352	12,523651	0,233069	0,437636	742,678233	0,016536	129,476301
Total 74									

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores estimados de b_1 , juntamente com as médias dos caracteres por clone e seus respectivos índices calculados, encontram-se na Tabela 2.

O índice encontrado revelou um valor negativo para o coeficiente " b_1 " referente ao coeficiente multiplicativo do valor agrônômico do caráter altura da planta, e está de acordo com os resultados encontrados por Valois et al. (1979), Paiva (1980) e Paiva et al. (1982a). Também foi negativo o coeficiente " b_4 ", referente ao caráter tamanho médio de lançamentos, indicando ser aconselhável, em seringueira, selecionar plantas de porte mais baixo e com maior número de lançamentos. Isso permitirá a obtenção de genótipos com maior circunferência do caule, com vantagem de ordem econômica da redução do período de imaturidade do seringal.

O coeficiente b_8 , referente ao caráter espessura de casca, foi o que apresentou maior valor estimado, indicando ser este caráter o que mais contribui na seleção de plantas com base neste índice. Paiva et al. (1982a), trabalhando com vários índices, demonstraram que a utilização de um dos índices de seleção (I_2) determinados, cujo coeficiente do caráter espessura de casca foi negativo, selecionará plantas com menor espessura de casca, fazendo, indiretamente, uma seleção negativa para o caráter produção de borracha. Narayanan et al. (1973 e 1974), Ho et al. (1973) e Tan (1977), em seus trabalhos, verificaram que um dos caracteres mais importantes que determinam maior produção de látex, é a espessura de casca.

Vale ressaltar que, segundo Ideal . . . (1973), o clone ideótipo de seringueira é aquele cujos caracteres desejáveis são de porte baixo, com grande angulação das ramificações com a haste principal, casca grossa, uniforme e facilmente renovável, caule ereto, circular e com rápido crescimento em circunferência. No presente estudo, comprovaram-se as afirmações para os caracteres altura da planta e espessura de casca, pelos valores obtidos no índice de seleção.

Após uma seleção dos cinco melhores clones em relação aos demais, nesta fase de desenvolvimento, o que corresponde a uma intensidade de seleção de 20%, os melhores clones foram IAN 2829, IAN 717, IAN 2945, IAC 207 e IAC 222. Gonçalves et al. (1982) chamam atenção para que seja

considerada a época de aplicação do miniteste de produção relacionado com os estágios foliares em que se encontram as plântulas de seringueira, pois foi observado que as plantas jovens não foram capazes de repetir seu desempenho de produção, teste após teste, no intervalo de 20 dias em plântulas. As melhores plantas, num determinado teste, não foram necessariamente as melhores, em outro teste, o que caracteriza os efeitos de interação 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.

Comparando-se este método de seleção com a seleção massal para os caracteres mais correlacionados com a produção de borracha e adotando-se como critérios de seleção a média mais o desvio padrão, verifica-se que, para o caráter produção de borracha, os clones selecionados seriam IAC 206, IAC 207, IAN 222 e IAN 2925. Desses, somente dois fazem parte dos clones selecionados pelo índice.

Segundo Paranjothy (1980), a planta em estágio de novo fluxo foliar apresenta baixa produção, causada pela demanda de nutrientes minerais e carbono para o desenvolvimento das folhas do novo fluxo. Em seringueiras adultas, é evidenciada a redução do conteúdo de borracha seca, durante o reenfolhamento (Adjuawa & Soerianegara 1970). Com relação ao caráter espessura de casca, o clone IAN 717 ficou de fora na seleção massal. Um outro aspecto a ser considerado é a alta correlação genética entre os caracteres espessura de casca e produção (Narayanan et al. 1973).

O coeficiente no índice de seleção para este caráter é o de maior expressão. Este índice, utilizado como critério de seleção, implica um ganho adicional em relação a seleção massal uma vez que ao selecionar um determinado clone para esse caráter, automaticamente faz-se a seleção de um clone produtivo.

A herdabilidade do índice de $h^2 = 71,15$, segundo Nordskog (1978), indica que 71% da variância do índice de seleção é de origem genética, ou seja, adotando o índice como característica a ser utilizada como critério de seleção, ganhos acentua-

TABELA 2. Médias dos nove caracteres por clone e estimativas do índice de seleção.

Índice de seleção. I = -13,275344 AP + 5,565498 CIRC + 2,677724 NL - 0,025832 TNL + 9,426144 NA + 38,811303 DVL + 15,964815 DENS + 95,102165 EC + 0,798041 P

Clones	AP	CIRC	NL	TML	NA	DVL	DENS	EC	P	Índices
IAN 6121	1,86	2,09	6,12	30,32	1,11	17,52	79,32	1,47	39,46	2.130,6012
IAN 2925	2,10	2,10	6,87	32,20	1,30	17,85	92,35	1,53	55,76	2.370,7649
Fx 3899	1,55	1,96	5,59	28,12	1,12	17,26	79,51	1,33	33,87	2.107,6242
Ac 68	1,37	1,56	4,76	29,04	1,07	16,33	72,77	1,12	12,21	1.924,3834
IAN 3384	2,00	2,22	6,33	31,41	1,34	17,86	95,90	1,55	23,87	2.405,2275
PFB 26	1,50	1,53	6,05	24,94	1,28	16,04	80,41	1,10	11,13	2.035,9822
Ac 53	2,29	2,42	7,33	31,28	1,09	17,80	82,33	1,47	24,68	2.176,8824
IAN 6717	2,32	2,24	8,16	28,54	1,17	17,83	83,33	1,41	38,68	2.201,2533
IAN 6158	2,03	2,27	6,56	30,96	1,00	16,84	72,66	1,26	38,22	1.975,7926
Fx 3925	2,07	2,38	5,97	36,86	1,41	17,43	94,72	1,50	18,76	2.360,3834
PFB 4	1,38	1,76	6,11	22,62	1,32	16,36	88,11	1,24	32,33	2.205,0345
Ac 55	1,60	1,88	4,47	36,09	1,40	17,20	94,44	1,40	28,35	2.344,4953
Ro 54	1,04	1,54	4,67	23,07	1,00	16,53	69,67	1,20	13,64	1.894,9270
PFB 1	1,42	1,64	5,18	28,50	1,13	16,42	74,59	1,19	22,45	1.973,2471
IAN 2829	2,40	2,67	6,56	36,61	2,83	17,50	185,79	1,64	40,13	3.859,5889*
Ro 60	1,77	1,76	5,00	35,73	1,06	16,12	71,12	1,08	14,05	1.883,7339
Fx 4037	2,30	2,38	6,91	34,02	1,12	17,75	80,42	1,48	27,66	2.146,5102
IAN 717	1,96	2,05	6,25	31,25	1,53	17,38	103,37	1,40	27,29	2.495,4850*
IAN 2945	2,47	2,63	6,28	39,43	1,95	18,35	130,69	1,88	44,79	3.029,1911*
Fx 25	1,53	1,75	5,83	26,80	1,31	17,72	88,70	1,40	40,50	2.285,9744
IAC 206	1,02	1,62	4,31	24,15	1,40	17,71	97,86	1,58	53,63	2.462,3143
IAC 207	1,48	2,10	5,37	27,57	1,78	18,02	123,24	1,80	84,68	2.928,1312*
Alter do Chão	1,55	2,04	4,84	32,26	1,33	17,44	89,61	1,41	25,98	2.277,7438
IAN 22	1,07	1,77	4,13	25,97	1,70	17,80	114,75	1,67	56,54	2.748,8044*
IAN 4488	1,38	1,58	4,96	27,94	1,41	17,38	94,07	1,26	37,13	2.342,1347

* Clones selecionados.

TABELA 3. Ganho genético esperado em percentagem e unidade de cada caráter, obtido com seleção de 20% dos melhores clones.

Caracteres	GS%	GS
Altura da planta	32,44	0,566240
Diâmetro do caule	21,60	0,431408
Número de lançamentos	22,10	1,277377
Tamanho médio de lançamentos	17,55	5,305375
Número de anéis de vasos laticíferos	27,32	0,373358
Diâmetro dos vasos laticíferos	4,02	0,694878
Densidade dos vasos laticíferos	27,32	25,566320
Espessura de casca	18,09	0,255974
Produção de borracha seca	60,34	20,414251

Obs.: O ganho de seleção baseado no índice foi de 81,212354.

dos podem ser obtidos, pois é possível uma boa avaliação do genótipo pela sua expressão fenotípica.

O progresso genético esperado para o índice estimado através da expressão apresentada por Robinson et al. (1951), foi baixo em relação ao encontrado pela seleção massal, considerando-se somente o caráter produção de borracha, conforme Tabela 3.

Valois et al. (1979) encontraram um progresso de 24,9% em relação ao índice médio da população original. Paiva et al. (1982b), nos vários índices estudados, obtiveram ganhos de seleção inferiores ao encontrado pela seleção massal.

Entretanto, Harris (1963) ressalta que a ocorrência de um progresso menor é devida ao fato de estarem as estimativas de parâmetros distantes dos verdadeiros parâmetros, pois, segundo Hallauer & Miranda Filho (1981), a precisão das estimativas de variância e covariância é geralmente baixa, sendo este ponto uma das limitações dos índices de seleção. Outro ponto importante a ser considerado é que o número de clones estudados é pequeno, o que resulta num baixo grau de liberdade da amostra.

CONCLUSÕES

1. Os valores negativos dos coeficientes b_1 e b_4 , referentes aos caracteres altura da planta e tamanho médio de lançamentos, implicarão seleção de plantas mais baixas.

2. O coeficiente b_8 do caráter espessura de casca foi o que apresentou maior peso na construção do índice de seleção, evidenciando a seleção de clones com uma casca mais espessa, e selecionando, indiretamente, os clones mais produtivos.

3. Na construção do índice de seleção com nove caracteres, não houve um maior progresso esperado na seleção dos melhores clones nesta fase de desenvolvimento, comparado com a seleção massal.

4. A utilização do índice de seleção em seringueira, envolvendo caracteres relacionados com o vigor da planta e com o sistema laticífero, conduzirá à seleção de genótipos com maior produção de borracha e de exploração mais precoce, devido à seleção de indivíduos jovens com menor altura, maior número de lançamentos, com casca mais espessa e grande número de anéis de vasos.

REFERÊNCIAS

- ADJUWANA, H. & SOERIANEGARA, I. Fotossíntese dan produksi lateks pedatiga. Klon Karet (*Hevea brasiliensis*). Menara Perkeb., Indonesia, 39(5/6):70, 1970.
- BRIM, C.A.; JOHNSON, H.W. & COCKERHAM, C.C. Multiple selection criteria in soybeans. Agron. J., Madison, 51:42-6, 1959.
- FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. Londres, Oliver & Boys, 1972. 365p.
- FISHER, R.A. & YATES, F. Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura. Trad. de Haim, S.L. São Paulo, Polígono, 1971. 150p.
- GONÇALVES, P. de S.; ROSSETTI, A.G. & PAIVA, J.R. de. Coeficiente de repetibilidade e eficiência do miniteste de produção na seleção de plantas de seringueira.

- ra (*Hevea* spp.). *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(2): 233-7, 1982.
- GUTIERREZ, A.P. Estimativa de índices para seleção em composto de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. 50p. Tese Mestrado.
- HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. Quantitative genetics in maize breeding. Ames, Iowa State University Press, 1981. 468p.
- HARRIS, D.L. The influence of errors of parameter estimation upon index selection. In: HANSON, W.D. & ROBINSON, H.F. ed. *Statistical genetics and plant breeding*. Washington, National Academic Science, 1963. p.491-500.
- HAZEL, L.N. & LUSH, J.L. The efficiency of three methods of selection. *J. Hered.*, Washington, 33(1): 393-9, 1943.
- HENDERSON, C.R. Selection index and expected genetic advance. In: HANSON, W.D. & ROBINSON, H.F. ed. *Statistical genetics and plant breeding*. Washington, National Academic Science, 1963. p.141-63.
- HERBERT, W.J.; ROBINSON, H.F. & COMSTOCK, R. E. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agron. J.*, Madison, 47:314-8, 1955.
- HO, C.Y.; NARAYANAN, R. & CHEN, K.T. Clonal nursery studies in *Hevea*. I. Nursery yields and associated structural characteristics and their variations. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya, Kuala Lumpur*, 23(4):305-15, 1973.
- IDEAL rubber clone for the future. *Plant. Bull. Rubb. Res. Inst. Malaya, Kuala Lumpur*, (128):129-30, 1973.
- KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. 3. ed. New York, John Wiley, 1966. 545p.
- LIN, C.Y. & ALLAIRE, F.R. Heritability of a linear combination of traits. *Theoret. Appl. Genet.*, 51(1): 1-3, 1977.
- NARAYANAN, R.; GOMES, J.B. & CHEN, K.T. Some structural factors and yield. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya, Kuala Lumpur*, 23(3):285-97, 1973.
- NARAYANAN, E.; HO, V.C. & CHEN, K.T. Clonal nursery studies in *Hevea*. III. Correlations between yield, structural characters, latex constituents and plugging index. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya, Kuala Lumpur*, 24(1):1-14, 1974.
- NORDSKOG, A.W. Some statistical properties of an index of multiple traits. *Theoret. Appl. Genet.*, 52: 91-4, 1978.
- PAIVA, J.R. Estimativas de parâmetros genéticos em seringueira (*Hevea* sp.) em condições de viveiro. Piracicaba, ESALQ/USP, 1980. 92p. Tese Mestrado.
- PAIVA, J.R.; ROSSETTI, A.G. & GONÇALVES, P. de S. Uso do coeficiente de caminhamento no melhoramento da seringueira. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(3):433-40, 1982a.
- PAIVA, J.R.; GONÇALVES, P. de S. & ROSSETTI, A.G. Avaliação do desempenho de clones de seringueira através de índices de seleção. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(6):865-72, 1982b.
- PARANJOTHY, K. Physiological aspects of wintering, flower induction and fruit set in *Hevea*. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYA, Kuala Lumpur, Malásia. *Hevea breeding course lecture notes*. Kuala Lumpur, RRIM, 1980. 12p.
- ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E. & HARVEY, P.H. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. *Agron. J.*, Madison, 43(6):282-87, 1951.
- SEARLE, S.R. The value of indirect selection. I. Mass selection. *Biometrics*, Raleigh, 21:682-707, 1965.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugen.*, London, 7:240-50, 1936.
- SPRAGUE, G.F. Quantitative genetics in plant improvement. In: FREY, K.J., ed. *Plant. Breed.* Ames, Iowa, State Univ. Press, 1967. p.315-54.
- TAN, H. Estimates of general combining ability in *Hevea* breeding at the Rubber Research Institute of Malaya. I. Phases II and IIIa. *Theor. Appl. Genet.*, Berlin, 50:29-34, 1977.
- VALOIS, A.C.C.; VASCONCELLOS, M.E.C.; PINHEIRO, E. & SILVA, G.B. Emprego do índice de seleção em seringueira. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 14(4): 351-7, 1979.
- VENCOVSKY, R. Princípios de genética quantitativa. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 1973. 650p.
- WOLFF, F. de. Mass selection in maize composites by means of selection index. *Modedel. Londbo. Hool.*, Wageningen, 72:80, 1972.