

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS ESTATÍSTICOS UTILIZADOS PARA AVALIAR A TOLERÂNCIA À TOXICIDADE DO ALUMÍNIO*

Paulo César Lima**
Magno Antônio Patto Ramalho***
Benjamim de Melo****

RESUMO

A comparação entre os métodos utilizados para avaliar a tolerância à toxicidade do alumínio foi realizada com os dados obtidos em experimentos conduzidos em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, Brasil. Nestes experimentos foram avaliados genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Utilizaram-se amostras de solos sob vegetação de cerrado, com e sem calagem.

Avaliou-se o comprimento e a matéria seca das raízes e da parte aérea. Foram comparados cinco índices propostos, determinados a partir da matéria seca total (raiz + parte aérea).

A correlação utilizada na comparação dos processos foi alta em quase todas as situações, mostrando que os procedimentos são semelhantes. Contudo, o índice I₂ mostrou ser o mais apropriado, uma vez que contribui para a seleção de genótipos que apresentam bom crescimento na ausência de calagem.

INTRODUÇÃO

A utilização dos solos sob vegetação de cerrado no Brasil tem despertado a atenção dos pesquisadores para a solução dos problemas que apresentam.

Um dos principais problemas desses solos é o elevado teor de alumínio, o qual é um importante fator para o crescimento das plantas. A correção da toxicidade do alumínio através da calagem nem sempre é uma operação viável, especialmente em subsolos ácidos. Uma alternativa complementar seria selecionar ou melhorar genótipos de plantas visando tolerância ao excesso de alumínio, pois as espécies de plantas e variedades dentro de uma mesma espécie apresentam variabilidade genética para essa tolerância (1, 6, 4, 8, 5, 7, 9).

Na identificação dos genótipos tolerantes o primeiro enfoque deve ser dirigido no sentido de desenvolver técnicas viáveis e rápidas para a avaliação de um grande número de plantas.

Existem, basicamente, três procedimentos comumente empregados na identificação de genótipos tolerantes: ensaios de campo, uso de solução nutritiva e ensaio em casa de vegetação utilizando amostras de solo que possuem o nível de Al requerido. No entanto, os índices utilizados na identificação dos genótipos tolerantes são variáveis, não se conhecendo que método seria o mais recomendável.

Este trabalho tem por objetivo comparar alguns dos procedimentos que têm sido utilizados como critério de identificação de plantas tolerantes às condições de toxicidade de alumínio.

-
- * Trabalho financiado pelo convênio Banco do Brasil - FIEC/FAEPE.
 - ** Professor do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura de Lavras - Lavras, MG.
 - *** Professor do Departamento de Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras - Lavras, MG.
 - **** Professor da Fundação Universidade do Amazonas - Manaus, AM.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados referentes a dois ensaios de avaliação de genótipos com relação a tolerância à toxicidade de alumínio em solos sob vegetação de cerrado, conduzidos em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, em 1978 e 1979.

No primeiro ensaio foram avaliados 50 genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e, no segundo, 60 genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, com 3 repetições, no esquema fatorial $n \times 2$, em que n é o número de genótipos avaliados e 2, os dois níveis de calagem. Os níveis de calagem foram: a) sem calagem: pH de 4,8; 0,9 mE/100g de Al^{+++} ; índice de saturação de Al^{+++} de 63% e b) equivalente a 3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$; pH de 6,0; 0,1 mE/100g de Al^{+++} ; índice de saturação de 3,0%.

Foram avaliados o comprimento da raiz e da parte aérea e a matéria seca da raiz, da parte aérea e total (raiz + parte aérea). Como ocorreu alta correlação entre as determinações da raiz e parte aérea com a matéria seca total, serão apresentados apenas os resultados referentes a matéria seca total.

Cinco procedimentos que podem ser utilizados na classificação dos genótipos com relação a sua tolerância foram comparados:

- a) Estimativa da estatística F para o efeito da calagem em cada genótipo, dada por:

$$F_j = \frac{\text{Quadrado médio (calagem: genótipo } i)}{\text{Quadrado médio do erro}}$$

- b) Estimativa do coeficiente de regressão b para cada genótipo segundo modelo semelhante ao apresentado por FINLAY & WILKINSON (3), já que não se procedeu à transformação logarítmica dos dados. Define-se a medida do efeito do nível j de calagem (X_j) como:

$$X_j = \frac{\sum_i \bar{Y}_{ij}}{n}$$

onde \bar{Y}_{ij} é a média aritmética das observações correspondentes ao i-ésimo genótipo no nível de calagem j.

A estimativa do coeficiente de regressão para cada genótipo (b_i) é dada pela expressão:

$$b_i = \frac{\sum_j \bar{Y}_{ij} (X_j - \bar{Y})}{\sum_j (X_j - \bar{Y})^2}$$

onde \bar{Y} é a média geral.

- c) Estimativa dos índices de tolerância (I), obtidos pelas expressões:

$$I_{i,1} = \frac{R_{i,0}}{R_{i,1}}$$

$$I_{i,2} = \frac{R_{i,0}}{R_{i,1}} \times \frac{R_{i,0}}{\bar{R}_0}$$

$$I_{i,3} = \frac{R_{i,0}}{\bar{R}_1}$$

onde:

- I_j : índice de tolerância para o genótipo i.
 $R_{i,0}$: rendimento de matéria seca do genótipo i no solo sem calagem.
 $R_{i,1}$: rendimento de matéria seca do genótipo i no solo com calagem.
 \bar{R}_0 : rendimento médio de matéria seca dos n genótipos no solo sem calagem.
 \bar{R}_1 : rendimento médio de matéria seca dos n genótipos no solo com calagem.

As comparações entre esses diferentes processos foram feitas com base no coeficiente de correlação classificatório de Spearman (SIEGEL, 1975)¹⁰.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos de soja e feijão avaliados com relação à tolerância ao alumínio diferiram acentuadamente em crescimento, como pode ser constatado pela matéria seca produ-

zida (Quadros 1 e 2). Verifica-se também que ocorreu efeito marcante da calagem no crescimento das plantas.

Os valores de F estimados para o efeito de calagem dentro de cada genótipo permitem fazer inferências a respeito do nível de tolerância de um determinado genótipo. Evidentemente, quanto menor o seu valor, menor a resposta do genótipo à calagem e, portanto, mais tolerante. Como se observa no Quadro 1, os valores de F, para a soja, variaram de 1,56 (PI 171.451) a 45,23 (La Green). Para o feijão, Quadro 2, a amplitude de variação foi de 4,01 (Roxo ESAL) a 37,35 (BD-17-1).

O coeficiente de regressão (b) também pode ser utilizado quando se deseja classificar os genótipos com relação a sua tolerância. Assim, quanto menor a estimativa de b menor será a resposta do genótipo à calagem e, portanto, mais tolerante. Como se observa no Quadro 1, as estimativas de b, para a soja, variaram de 0,29 (PI 171.451) a 1,54 (La green) e para o feijão, no Quadro 2, de 0,47 (Roxo ESAL) e 1,44 (BD-17-1). Constata-se também, para soja e feijão, que a ordem de classificação dos genótipos, utilizando o valor de F ou b, é sempre a mesma. Assim sendo, em ensaios com apenas dois níveis de calagem é desnecessário estimar o coeficiente de regressão b, uma vez que o valor de F fornecido pela análise de variância, permite fazer a classificação dos genótipos.

De acordo com FOY (4), na classificação das plantas segundo a tolerância ao Al, pode ser usado tanto o crescimento absoluto nos tratamentos com e sem calagem, como o crescimento relativo (índice de tolerância I_1) expresso como percentagem da avaliação do tratamento sem calagem sobre o tratamento com calagem. Enfatiza o autor que o crescimento relativo é necessário quando são comparados genótipos que diferem amplamente no hábito de crescimento. As estimativas do índice (I_1), como proposto por FOY (4), foram obtidas para a soja e o feijão (Quadros 1 e 2). Este índice possui a vantagem de permitir uma visualização imediata da resposta do genótipo à calagem, bem como de comparar o nível de tolerância de dois ou mais genótipos obtidos em experimentos diferentes, o que muitas vezes não é possível pelo valor de F. As estimativas de I_1 , para a soja (Quadro 1), variaram de 0,75 (PI 171.451) a 0,21 (PI 157.413), e para feijão (Quadro 2), de 0,66 (Roxo ESAL) a

0,16 (ESAL-58). Como se constata, com relação aos genótipos mais tolerantes, os resultados obtidos coincidem com os anteriores, porém para os mais sensíveis não houve concordância.

O índice sugerido por FOY (4) pode contribuir para a seleção de um genótipo com baixa adaptação (menor crescimento) em certas oportunidades. Observa-se, por exemplo, no caso da soja (Quadro 1), que os genótipos mais tolerantes, PI 171.451 e PI 229.358, apresentaram maiores estimativas de I_1 , porém a sua produção de matéria seca foi inferior à média obtida, sugerindo que estes genótipos, apesar de demonstrarem pequena resposta à calagem apresentaram uma baixa adaptação. Para solucionar este problema foram propostos dois novos índices, I_2 e I_3 . O I_2 é semelhante ao proposto pelo CIAT (2), somente que, ao invés de considerar o maior rendimento na ausência de calagem, optou-se pela média dos n genótipos. Esse ajustamento favorece aos genótipos com produção de matéria seca acima da média e diminui a estimativa para rendimento abaixo da média.

O outro índice utilizado, I_3 , visando atenuar o efeito da seleção de genótipos com menor crescimento, foi estabelecido em relação ao rendimento médio dos n genótipos em presença de calagem. As estimativas obtidas tanto para a soja como para o feijão, apresentaram resultados muito semelhantes aos do I_2 (Quadros 1 e 2).

As estimativas das correlações de Spearman inicialmente apresentadas no Quadro 3. Constata-se inicialmente que as correlações entre b e F, como era esperado, foram iguais a 1,00, haja visto que os dois processos forneceram a mesma classificação dos genótipos. As correlações entre os três índices foram altas, sugerindo que eles são semelhantes na classificação dos genótipos. Deve ser ressaltado, contudo, que apesar da alta correlação, não houve concordância entre os índices na identificação do genótipo mais tolerante. Para a soja, por exemplo, o genótipo PI 171.451 foi considerado o mais tolerante com o I_1 , o Biloxi com o I_3 e o TK-5 com o I_2 . Estes resultados demonstram que os índices propostos consideram diferentes pesos para a adaptação do genótipo.

Apesar da boa concordância entre os processos que podem ser utilizados, o emprego do índice I_2 parece ser o mais apropriado, uma vez que dificilmente serão testados genó-

QUADRO 1 — Resultados médios para a matéria seca total obtidos no ensaio de genótipos de soja tolerantes ao alumínio em solos sob vegetação de cerrado e estimativas do valor F, b e índices de tolerância. Lavras, 1979.

Genótipos	63%	3,0%	\bar{X}_i	F	b	I ₁	I ₂	I ₃
Pine del Perfection	3,13	9,74	6,43	36,87	1,40	0,32	0,24	0,35
PI 180. 445	2,60	7,90	5,25	23,67	1,12	0,33	0,20	0,29
Barchet	2,66	4,52	3,59	2,94	0,39	0,59	0,37	0,30
PI 322. 691	4,42	9,17	6,80	19,06	1,00	0,48	0,51	0,50
PI 192. 873	3,76	8,32	6,04	17,59	0,96	0,45	0,40	0,42
PI 200. 493	5,09	10,46	7,78	24,33	1,13	0,49	0,59	0,57
PI 229. 358	3,84	5,42	4,63	2,13	0,33	0,71	0,65	0,43
PI 157. 413	1,55	7,38	4,46	28,78	1,23	0,21	0,08	0,17
Biloxi	6,30	11,83	9,06	25,77	1,17	0,53	0,80	0,71
PI 205. 901	3,30	9,05	6,18	27,93	1,22	0,36	0,29	0,37
PI 171. 451	4,06	5,42	4,74	1,56	0,29	0,73	0,73	0,46
PI 310. 439	4,82	11,94	8,38	42,83	1,50	0,40	0,46	0,54
PI 123. 439	3,28	8,30	5,79	21,29	1,06	0,39	0,31	0,37
PI 174. 852	3,78	10,56	7,17	38,88	1,43	0,36	0,32	0,42
Palmetto	4,38	10,03	7,21	26,97	1,19	0,44	0,46	0,49
Seminole	5,11	9,31	7,21	14,90	0,89	0,55	0,67	0,57
Improved Pelican	3,92	9,53	6,73	26,62	1,19	0,41	0,38	0,44
Majos	5,53	9,08	7,30	10,65	0,75	0,61	0,80	0,62
Cherokee	3,16	9,24	6,20	31,23	1,28	0,34	0,26	0,35
PI 230. 977	5,86	11,80	8,83	29,74	1,25	0,50	0,70	0,66
Santa Maria	3,78	7,33	5,55	10,65	0,75	0,52	0,46	0,42
La Green	3,57	10,89	7,23	45,23	1,54	0,33	0,28	0,40
Pérola	4,22	9,86	7,04	26,84	1,19	0,43	0,43	0,47
Santa Rosa	4,76	9,85	7,31	21,86	1,07	0,48	0,55	0,53
Sant'Ana	3,40	6,89	5,14	10,29	0,74	0,49	0,40	0,38
Campos Gerais	4,50	9,70	7,10	22,79	1,10	0,46	0,50	0,50
Mineira	4,99	10,03	7,51	21,52	1,07	0,50	0,59	0,56
UFV-1	4,26	8,99	6,62	18,88	1,00	0,47	0,48	0,48
Andrews	4,23	8,29	6,26	13,93	0,86	0,51	0,52	0,47
CNS-4	5,03	10,36	7,70	24,03	1,13	0,48	0,58	0,56
Wilson Black	5,28	10,36	7,82	21,80	1,07	0,51	0,64	0,59
Tenner	4,71	8,06	6,36	9,46	0,71	0,58	0,66	0,53
PI 227. 687	2,75	7,53	5,14	19,30	1,01	0,36	0,24	0,31
Biloxi Claro	4,39	10,89	7,64	35,66	1,37	0,40	0,42	0,49
IAC-2	4,38	8,13	6,26	11,88	0,79	0,54	0,56	0,49
UFV-2	3,50	8,14	5,82	18,16	0,98	0,43	0,36	0,39
Paraná	3,47	6,24	4,86	6,48	0,58	0,56	0,46	0,39
IAC-3	4,19	7,85	6,02	11,36	0,77	0,53	0,53	0,47
BR-1	3,39	7,22	5,31	12,39	0,81	0,47	0,38	0,38
BR-3	4,04	9,84	6,94	28,36	1,22	0,41	0,40	0,45
Mandarin	4,84	8,54	6,69	11,61	0,78	0,57	0,65	0,54
TK-5	5,97	10,17	8,07	14,88	0,89	0,59	0,84	0,67
UFV-5	4,12	7,17	5,64	7,89	0,64	0,57	0,56	0,46
V x 3. 281-5	4,32	9,56	6,94	23,20	1,11	0,45	0,47	0,48
CES 4414	3,38	8,07	5,73	18,61	0,99	0,42	0,34	0,38
LO 75-28-15	4,26	7,44	5,85	8,56	0,67	0,57	0,58	0,48
Lilli	4,43	9,06	6,74	18,11	0,98	0,49	0,52	0,50
Tainung-4	4,92	10,49	7,71	26,24	1,18	0,47	0,55	0,55
FC. 30. 267	5,22	10,18	7,70	20,76	1,05	0,64	0,58	0,58
PI 200. 498	4,41	9,73	7,07	23,91	1,12	0,45	0,48	0,49
Médias	4,18	8,92	6,55					

QUADRO 2 - Resultados médios para a matéria seca total obtidos no ensaio de genótipos de feijão tolerantes ao alumínio em solos sob vegetação de cerrado e estimativas do valor F, b e índices de tolerância. ESAL - Lavras, 1979.

Genótipos	63%	7%	\bar{X}_1	F	b	I ₁	I ₂	I ₃
Dade	3,83	7,79	5,81	23,39	1,14	0,49	0,91	0,69
Carioca 1030	2,03	6,08	4,06	24,47	1,17	0,33	0,33	0,37
Pintado	2,58	5,76	4,17	15,06	0,92	0,45	0,65	0,46
Costa Rica 1031	2,90	6,23	4,37	16,58	0,96	0,46	0,65	0,52
Rico-23	3,00	6,38	4,69	17,01	0,97	0,47	0,68	0,54
Careota-260	2,41	6,70	4,56	27,50	1,24	0,36	0,42	0,43
Rico Pardo 896	2,58	6,54	4,56	23,40	1,14	0,39	0,49	0,46
Linea 17	2,77	6,09	4,43	16,48	0,96	0,45	0,60	0,50
SC-7011	1,49	5,67	3,58	25,99	1,20	0,26	0,19	0,27
Cubano 6044	1,31	4,95	3,13	19,70	1,05	0,26	0,17	0,24
Iguaçu	1,63	3,97	2,80	8,19	0,68	0,41	0,32	0,29
Porrilhos Sintético	2,12	5,69	3,90	19,02	1,03	0,37	0,38	0,38
Jamapa	1,02	5,91	3,46	35,68	1,41	0,17	0,08	0,18
Moruna	1,52	5,65	3,58	25,53	1,19	0,27	0,20	0,27
Roxo ESAL	3,16	4,80	3,98	4,01	0,47	0,66	1,00	0,57
Cornell 49-242	2,08	6,03	4,05	23,24	0,14	0,34	0,34	0,38
Rico Baio 10-14	1,93	6,78	4,36	35,10	1,40	0,28	0,26	0,35
Small White	2,64	6,40	4,52	21,10	1,08	0,41	0,52	0,48
Vi 1010	2,22	5,45	3,84	15,57	0,93	0,41	0,44	0,40
BD 17-1	1,77	6,77	4,27	37,35	1,44	0,26	0,22	0,32
CD-2	1,50	5,41	3,46	22,85	1,13	0,28	0,20	0,27
Coco Bianchi	2,86	6,45	4,66	19,16	1,03	0,44	0,61	0,52
Turrialba-4	1,70	5,30	3,50	19,41	1,04	0,32	0,26	0,30
Dark Red Kiney	3,55	5,86	4,71	7,98	0,68	0,60	1,03	0,64
Rosinha 4 Cl	3,04	6,56	4,80	18,49	1,02	0,46	0,68	0,55
Jalo CEP	3,30	7,53	5,42	26,74	1,22	0,44	0,70	0,60
Lavadeira	1,55	5,90	3,73	28,19	1,25	0,26	0,20	0,28
37-R-890	2,17	5,55	3,86	17,11	0,98	0,39	0,41	0,39
Chuveiro	1,23	5,20	3,24	24,19	1,16	0,23	0,14	0,22
Vermelho IPEAS	1,97	4,81	3,39	12,04	0,82	0,41	0,39	0,36
ESAL-239	1,87	4,71	3,29	12,04	0,82	0,40	0,36	0,34
ESAL-105	2,60	5,09	3,84	9,30	0,72	0,51	0,64	0,47
ESAL-119	2,77	5,40	4,08	10,35	0,76	0,51	0,68	0,50
ESAL-134	1,86	6,29	4,08	29,20	1,28	0,30	0,26	0,34
ESAL-258	1,78	5,10	3,44	16,41	0,96	0,35	0,30	0,32
ESAL-160	1,18	3,71	2,45	9,55	0,73	0,32	0,18	0,21
ESAL-173	1,54	4,98	3,26	17,69	0,99	0,31	0,23	0,28
ESAL-293	2,63	4,32	3,48	4,26	0,49	0,61	0,77	0,47
ESAL-286	2,46	5,37	3,92	12,58	0,84	0,46	0,54	0,44
ESAL-159	1,43	5,17	3,30	20,91	1,08	0,28	0,19	0,26
ESAL-189	2,37	5,46	3,92	14,22	0,89	0,50	0,50	0,43
ESAL-185	1,76	5,33	3,54	18,98	1,03	0,33	0,28	0,32
ESAL-240	1,06	5,16	3,11	25,04	1,18	0,20	0,10	0,19
ESAL-263	2,77	5,21	3,99	6,86	0,70	0,53	0,71	0,50
ESAL-196	1,78	4,71	3,25	12,75	0,84	0,38	0,33	0,32
ESAL-288	2,12	5,76	3,94	19,73	1,05	0,37	0,38	0,38
ESAL-230	1,18	5,13	3,15	23,56	1,14	0,22	0,13	0,21
ESAL-279	1,75	5,67	3,71	22,93	1,13	0,31	0,26	0,31
ESAL-261	1,60	5,83	3,72	26,74	1,22	0,27	0,21	0,29
ESAL-229	3,00	6,50	4,75	18,24	1,01	0,46	0,67	0,54
ESAL-257	1,65	5,30	3,48	19,88	1,05	0,31	0,25	0,30
ESAL-250	1,60	4,02	2,81	8,69	0,69	0,40	0,31	0,29
ESAL-270	2,83	5,66	4,25	11,95	0,82	0,50	0,68	0,51
ESAL-58	0,94	5,87	3,40	36,36	1,42	0,16	0,07	0,17
ESAL-214	1,87	4,33	3,10	9,00	0,71	0,43	0,39	0,34
ESAL-2-9	1,83	4,25	3,04	8,74	0,70	0,43	0,38	0,33
ESAL-218	1,40	4,52	3,00	13,76	0,88	0,33	0,23	0,27
ESAL-157	1,99	4,85	3,42	12,26	0,83	0,41	0,33	0,36
ESAL-133	1,97	5,90	3,63	30,53	1,30	0,23	0,16	0,25
ESAL-275	1,76	4,86	3,31	14,40	0,90	0,36	0,30	0,32
Médias	2,08	5,34	3,81					

QUADRO 3 – Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman obtidas para os diferentes procedimentos de avaliação de tolerância ao alumínio. ESAL – Lavras, 1978.

Estatísticas*	Soja	Feijão
1 x 2	0,53**	0,21
1 x 3	0,54**	0,21
1 x 4	-0,02	0,47**
1 x 5	0,46**	0,65**
1 x 6	0,83**	0,80**
2 x 3	1,00**	1,00**
2 x 4	-0,80**	-0,72**
2 x 5	-0,40**	-0,55**
2 x 6	0,02	-0,37**
3 x 4	-0,80**	-0,72**
3 x 5	-0,40**	-0,55**
3 x 6	-0,02	-0,37**
4 x 5	0,82**	0,96**
4 x 6	0,48**	0,89**
5 x 6	0,86**	0,97**

- 1. Rendimento médio de matéria seca (\bar{X}_1)
- 2. Estimativa do valor F
- 3. Coeficiente de regressão b
- 4. Índice de tolerância um (I_1)
- 5. Índice de tolerância dois (I_2)
- 6. Índice de tolerância três (I_3)

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de t.

tipos com o mesmo crescimento. É também um índice menos sensível a pequenas variações na adaptação do genótipo do que o I_3 , como pode ser constatado comparando-se, por exemplo, as produções médias e os índices determinados para os genótipos Biloxi e TK-5.

CONCLUSÕES

- a) A estimativa do coeficiente de regressão linear não é um índice prático.
- b) O crescimento relativo (I_1) não discrimina

os genótipos menos tolerantes.

- c) Os índices I_2 e I_3 podem ser usados na classificação dos genótipos com relação à tolerância, ressaltando-se o índice I_2 que é mais apropriado considerando-se a adaptação do genótipo.

SUMMARY

COMPARISON AMONG STATISTIC METHODS USED TO EVALUATE TOLERANCE TO ALUMINIUM TOXICITY.

Comparision among methods used to

evaluate tolerance to aluminium toxicity was made with data obtained from greenhouse experiments at Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, Brazil. In these experiments, genotypes of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) were evaluated, using soil samples of a Dusk Red Latosol, under cerrado vegetation, with and without liming.

The following procedures were used in the classification of the genotypes in relation to their tolerance: a) Statistic estimate F to the effect of liming for each genotype. b) Estimate of coefficient of regression b in each genotype. c) Index of tolerance obtained by the expressions:

$$I_{i,1} = \frac{R_{i,0}}{R_{i,1}}$$

$$I_{i,2} = \frac{R_{i,0}}{R_{i,1}} \times \frac{R_{i,0}}{\bar{R}_0}$$

$$I_{i,3} = \frac{R_{i,0}}{\bar{R}_1}$$

where

I_i = index of tolerance genotype i ; $R_{i,0}$ and $R_{i,1}$, dry matter yield of genotype i with and without liming, respectively, and \bar{R}_0 and \bar{R}_1 , average yields of in genotypes with and without liming, respectively.

The correlation used in the comparison of the procedures was high in nearly all of the situations, indicating that these procedures are similar. In spite of this, index I_2 showed to be more appropriate since it serves in the selection of genotypes that present good growth in the absence of liming.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARMIGER, W.H. et alii. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminium. *Agronomy Journal*, Madison, **60**(1):67-70, Jan./Feb. 1968.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Programa de frijol. In: ———. *Informe anual — 1977*. Cali, 1978. p. B1-B94. (Série 02S1-77).
3. FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, **14**:742-54, 1963.
4. FOY, C.D. General principles involved in screening plants for aluminium and manganese tolerance. In: WRIGHT, M.J., ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Ithaca, New York, 1976. p. 255-67.
5. LAFEVER, H.N. et alii. Differential response of wheat cultivars to aluminium. *Agronomy Journal*, Madison, **69**(4):563-8, July/Aug. 1977.
6. LONG, F.L. & FOY, C.D. Plant varieties as indicators of aluminum toxicity in the A_2 horizon of a Norfolk soil. *Agronomy Journal*, Madison, **62**(4):679-81, Sept./Oct. 1970.
7. MIRANDA, L.N. & LOBATO, E. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao alumínio e a baixa disponibilidade de fósforo no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **2**(1):44-50, jan./abr. 1978.
8. REID, D.A. Screening barley for aluminum tolerance. In: WRIGHT, M.J., ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Ithaca, New York, 1976. p. 269-75.
9. SARTAIN, J.B. & KAMPRATH, E.J. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil. *Agronomy Journal*, Madison, **70**(1):17-20, Jan./Feb. 1978.

10. SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento.** São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 350 p.

