

**METODOLOGIA DE SELEÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO**  
*(Phaseolus vulgaris L.)* **TOLERANTES AO ALUMÍNIO,**  
**EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

**LUIS CARLOS HERNANI**  
Engenheiro-Agrônomo

**Orientador: Dr. Augusto Tulmann Neto**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Energia Nuclear na Agricultura.

**P I R A C I C A B A**  
Estado de São Paulo - Brasil  
Fevereiro, 1980

*À minha esposa e filha,*

*Aos meus pais e irmãos,*

**D E D I C O**

## A G R A D E C I M E N T O S

Quero agradecer sinceramente:

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - pela oportunidade de aperfeiçoamento;
- Ao Dr. Augusto Tulmann Neto, pela orientação;
- Ao Dr. Eurípedes Malavolta, pelas sugestões e críticas;
- Aos Dr. Akihiko Ando e José Otavio M. Menten, pelas sugestões, atenção e encorajamento;
- Ao Dr. José Branco de Miranda Filho, pela orientação nas análises estatísticas;
- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA - e aos seus funcionários, pelas facilidades concedidas na execução desse trabalho.

## I N D I C E

	Página
1 - RESUMO .....	1
2 - INTRODUÇÃO .....	3
3 - REVISÃO DE LITERATURA .....	5
3.1 - O Al e a influência de fatores diversos sobre a sua toxidez .....	5
3.2 - O Al e seus efeitos no desenvolvimento das plantas .....	7
3.3 - Tolerância diferencial ao Al entre espē cies e variedades de plantas .....	9
3.4 - O Al e seus efeitos deletērios no desen volvimento do feijoeiro .....	12
4 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
4.1 - Equipamentos .....	15
4.2 - Solução nutritiva .....	16
4.3 - Montagem dos experimentos .....	17
4.3.1 - Procedimento .....	17
4.3.2 - Obtenção de cultivar e nível de Al padrões (Experimento 1) .....	18
4.3.3 - Triagem de materiais (Experimento 2)	21
4.3.4 - Experimento com materiais triados (Experimento 3) .....	26

	Página
5 - RESULTADOS .....	30
5.1 - Obtenção de um cultivar e de um nível de Al padrões (Experimento 1) .....	28
5.1.1 - Análises químicas .....	31
5.2 - Triagem de materiais de feijão (Experimen <u>to</u> 2) .....	34
5.3 - Experimento com os materiais triados (Ex- perimento 3) .....	42
6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	44
6.1 - Obtenção de um cultivar e um nível de Al padrões (Experimento 1) .....	44
6.1.1 - Análises químicas .....	47
6.2 - Triagem de materiais de feijão (Experimen <u>to</u> 2) .....	49
6.3 - Experimento com os materiais triados (Ex- perimento 3) .....	50
7 - CONCLUSÕES .....	52
8 - SUMMARY .....	54
9 - LITERATURA CITADA .....	56
10 - APÊNDICE .....	63

## 1 - RESUMO

Três experimentos foram desenvolvidos tendo como objetivo determinar-se uma metodologia rápida e prática para ser usada em triagens de materiais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) quanto à tolerância ao Al, em solução nutritiva.

No primeiro experimento, cujo objetivo específico foi determinar-se um cultivar e um nível de Al padrões, oito cultivares de feijão foram desenvolvidos em câmara de crescimento e em solução nutritiva, sob quatro concentrações de Al (0, 6, 12 e 18 ppm) e pH 4,0 - 4,2 ajustado diariamente por um período de oito dias. Cada concentração de Al constituiu-se em um delineamento de blocos ao acaso. O caráter que maior correlação apresentou com o Al foi o comprimento máximo de raiz. O cultivar escolhido como padrão foi N 257 S Rico MG e o nível padrão de Al foi 6 ppm.

No segundo experimento o objetivo específico foi realizar-se uma triagem com um grande número de materiais de feijão para selecioná-los em grupos de tolerância ao Al. Um total de 228 materiais foram desenvolvidos em câmara de crescimento e em solução nutritiva, sob duas concentrações de Al (0 e 6 ppm) e pH 4,0 - 4,2 ajustados diariamente, por um período de oito dias. Usou-se uma parcela, sem repetição, constituída de cinco plantas de cada material em cada nível. Uma relação avaliadora da tolerância ao Al foi desenvolvida, a relação  $A = B : C$ , sendo que

B = % de decréscimo do comprimento máximo de raiz do nível 6 ppm de Al em relação ao zero para um dado material e C = % de decréscimo do comprimento máximo de raiz do nível 6 ppm de Al em relação ao zero, para o padrão, pela qual se selecionou os três grupos de tolerância ao Al.

No terceiro experimento submeteram-se seis materiais tolerantes selecionados anteriormente, um não tolerante e o padrão às mesmas condições do primeiro experimento, com o objetivo de se observar o comportamento destes materiais triados diante de concentrações crescentes de Al. Este experimento mostrou ser possível e promissor o método de seleção de materiais de feijão tolerantes ao Al, baseado em um período de cultivo de oito dias, uma concentração de Al (6 ppm) além da testemunha (0 ppm) e um cultivar padrão (N 257 S Rico MG).

Os materiais mais tolerantes ao Al apresentaram um menor aumento relativo dos teores de P , K e Al de suas raízes sob concentrações crescentes de Al, que os materiais de baixa tolerância.

## 2. INTRODUÇÃO

O maior produtor de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do mundo, o Brasil, consome toda sua produção.

O cultivo desta leguminosa é realizado em todos os tipos de solos, em todo o território brasileiro. Embora seja uma cultura de baixa utilização de tecnologia e na maioria das vezes de subsistência, o produto final é o constituinte maior e a principal fonte protéica da dieta nacional. Desta forma, qualquer preocupação com a sua produtividade é prontamente justificável, principalmente sabendo-se que esta que já era bastante baixa tem apresentado uma tendência de acentuado declínio nos últimos anos.

Muitos são os fatores que contribuem para esta queda no rendimento. Entre eles podemos considerar aqui, como dos mais importantes, os efeitos deletérios de altas concentrações de alumínio (Al) associadas a baixos pH que existem em grande parte dos solos onde o feijão é cultivado.

A calagem, apesar de ser uma solução paliativa pelo fato de limitar-se à camada superficial do solo, tem sido usada. Destaca-se, entretanto, que a existência de tolerância diferencial ao Al entre materiais de feijão, sugere a possibilidade de, através de seleção de material tolerante e métodos de melhoramento de plantas, aumentar-se esta ca-



racterística nos cultivares e assim resolver-se este problema de maneira perene e econômica.

Quanto à seleção de materiais tolerantes à toxidez de Al, a triagem realizada em solo, ou no campo, apresenta algumas desvantagens. Isto porque o grau de seleção não pode ser quantitativamente controlado e faz-se necessário um número considerável de experimentos para se concluir que o Al é o único fator tóxico no solo considerado. Além disso, a necessidade de lavar-se a terra impregnada na superfície das raízes, de manter-se uniforme o pH e a condição nutricional de cada solo, tornou os métodos de seleção em solução nutritiva mais práticos e confiáveis que as triagens médias realizadas em solo. Contudo, a grande vantagem do uso das soluções nutritivas é poder observar-se no local e durante o desenvolvimento do material experimentado, os primeiros efeitos da injúria do Al, manifestado pelo engrossamento e inibição no crescimento das raízes, de maneira rápida e clara.

O presente trabalho tem por intuito:

- estabelecer uma metodologia simples e rápida para seleção de cultivares de feijão, em função de sua tolerância específica ao Al, em solução nutritiva;

- utilização de tal metodologia para uma triagem visando-se à identificação de materiais promissores que possam ser empregados em programas de melhoramentos que visem a tal característica.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. O Al e a influência de fatores diversos sobre a sua toxidez

O Al é o terceiro elemento em abundância na litosfera, aparece principalmente nos minerais primários mas, também, e em ela proporção, nos minerais de argila. Tem, inclusive, predominância sobre o silício em solos tropicais.

Apresenta-se como um elemento tóxico tanto em condições ácidas (como cátion) como em condições alcalinas (como ânion), segundo JONES (1961).

A sua participação na acidez do solo, de acordo com MALAVOLTA et alii (1977), pode ser entendida da seguinte forma:

1) os prótons  $H^+$  ou  $H_3O^+$  resultantes da água carregada de gás carbônico provocam reações no mineral secundário x (um silicato de alumínio essencialmente), libertando íons alumínio que permanecem em forma trocável;

2) através de uma série de reações reversíveis, os íons monômeros do Al (ou dímeros, trímeros e polímeros dele resultantes) libertam  $H_3O^+$  sucessivamente;

3) o aumento no pH causa diminuição na carga de íons de alumínio e o abaixamento do primeiro tem efeito oposto.

Tanto a solubilidade quanto a severidade da toxidez do alumínio às plantas são afetadas por vários fatores, tais como, pH, tipo de mineral de argila predominante, concentração de outros cátions, de sais e o teor de matéria orgânica (FOY, 1974).

O pH do solo no qual o Al fica solúvel em concentrações tóxicas, varia de solo para solo e depende da relação sílica sesquióxido existente. O fato de uma menor concentração de Al na camada superficial de um solo apresentar mais toxidez que a concentração mais alta da camada homóloga de outro solo, sugere grande influência dos fatores e processos pedogênicos, bem como do estágio de intemperização (ADAMS e LUND, 1966).

Em solos de pH acima de 5,5, em geral não há ocorrência de toxidez de Al, mas em pH abaixo de 5,0 a sua solubilidade aumenta expressivamente (MAGISTAD, 1925) e, neste caso, mais da metade dos sítios de troca podem estar ocupados por este elemento (EVANS e KAMPRATH, 1970).

Adubações pesadas, principalmente as que contêm fertilizantes de resíduo ácido, agravam os problemas de toxidez de Al (ABRUNA et alii, 1958), provocando o deslocamento deste para a solução do solo (RAGLAND e COLEMAN, 1962).

Altas concentrações relativas de Al são associadas com pH baixo e pequenas concentrações relativas de P e Ca, nestas condições as concentrações de Al na solução do solo são relativamente estáveis (ANDREW, 1978).

CATANI e ALONSO (1969), trabalhando com 36 amostras de solo, relacionaram o pH (determinado em suspensão aquosa 1:2,5) com o teor de Al trocável, obtendo a seguinte equação de regressão:  $Al^{+3}$  (trocável) = - 2,49 + 14,11 ; o valor do coeficiente de correlação ( $r = 0,70$ ) foi significativo ao nível de 0,1% de probabilidade. Fazendo-se  $Al^{+3} = 0$  obtém-se pH = 5,67, ou seja, o valor mínimo do pH em que não há Al trocável.

MUZILLI e KALCKMANN (1971), trabalhando com amostras de solos do estado do Paraná, encontraram uma correlação direta e significativa entre os teores de Ca + Mg trocáveis e o pH, sendo que para pH acima de 5,0 o teor de Ca+Mg era superior a 2,5 ml/100 ml de terra, nível con

siderado adequado para quase todas as culturas.

### 3.2. O Al e seus efeitos no desenvolvimento das plantas

Alguns autores acreditam que baixas concentrações de Al possam ser benéficas para certos grupos de plantas. Efeitos positivos foram encontrados em plantas de chá (*Thea sinensis* L.) quando as concentrações de Al não foram muito elevadas. Estes dados foram mostrados por PEARSON e ADAMS (1967) e WUTKE (1972). A alfafa (*Medicago sativa* L.) também responde positivamente às baixas concentrações de Al. MACLEDDO e JACKSON (1965) obtiveram efeitos favoráveis para esta cultura sob concentrações de 0,1 a 0,2 ppm de Al em soluções nutritivas.

LIEBIG et alii (1942) trabalhando com plantas de citrus em solução nutritiva, observaram que as plantas que não receberam Al tiveram um menor desenvolvimento e suas raízes apresentaram coloração marron avermelhada, as folhas perderam o brilho e adquiriram uma coloração bronzeada. As que receberam 0,5 e 5 ppm de Al apresentaram um desenvolvimento de raízes muito mais vigoroso, suas partes aéreas mantiveram um verde mais forte e um bom desenvolvimento.

Não há uma explicação satisfatória para o mecanismo que rege estes efeitos benéficos que algumas plantas apresentam quando submetidas a baixas concentrações de Al. FOY (1974) assumiu que este mecanismo seria o efeito da hidrólise do Al e abaixamento do pH aumentando a solubilidade do Fe e sua disponibilidade no substrato. Esta explicação contudo, não pode ser generalizada para todos os substratos, como é o caso da solução nutritiva.

GOODLAND (1971) cita uma série de plantas capazes de acumular Al e estas são em geral encontradas em solos semitropicais, como os de cerrado. JONES (1961) acrescenta que estas plantas possuem ácidos orgânicos que funcionam como agentes quelantes, complexando quantidades tóxicas de Al, tornando-o metabolicamente inativo.

O Al é o principal agente da acidez dos solos e muitos pesquisadores consideram que 1 ppm de Al seja tóxico para a maioria das plantas cultivadas (MUNNS, 1965 ; MACLEDDO e JACKSON, 1965 , 1967).

Vários mecanismos foram sugeridos para explicar os efeitos deletérios do Al. RORISON (1958) sugere que tais efeitos sejam devidos à formação de compostos pécticos "errados" o que resulta em perda de elasticidade e diminuição no alongamento radicular, tal formação é consequência de reação entre o Al e cadeias de ácidos galacturônicos das paredes das células radiculares jovens. Segundo PRATT (1966), o Al interfere nas funções biológicas do sistema radicular, cerceando o seu crescimento e provocando a sua morte. CLARKSON (1967), considera que o Al interfere em reações de transferência de grupos fosforilados, na ação de hexoquinases e na formação de ésteres de carboidratos. WUTKE (1972) admite que o efeito deletério do Al seja devido à inibição da divisão celular dos tecidos meristemáticos da raiz por ligação do elemento com ácido nucléicos. Esta ligação do Al com ácidos nucléicos de células meristemáticas radiculares foi confirmada por NAIJOO et alii (1978).

Outras explicações dos efeitos deletérios do Al enfocam a interação deste com nutrientes minerais. Assim, quando ocorre aumento da concentração de Al no solo este elemento provoca diminuição na absorção de P (MUNNS, 1965 ; HSU, 1965) e do K. As relações entre o Al e o P são as mais estudadas, embora não haja unanimidade na explicação do efeito observado. Podemos encontrar: precipitação do P pelo Al no meio da raiz, na superfície da raiz, em espaços intercelulares, nos tecidos vasculares (MALAVOLTA et alii, 1977).

A região meristemática da raiz mostra um número anormalmente alto de células com dois núcleos, indicando paralização de divisão celular em raízes tratadas com Al (RIOS e PEARSON, 1964).

As injúrias do Al também são associadas com a redução na absorção de Ca. FOY e BROWN (1963), observaram que o Al causa definhamento das plantas, diminuindo a absorção de Ca, P e K, afetando inclusive a absorção de Mn, B e Fe. Interferindo na função do Ca o Al reduz a permeabilidade do plasmalema, segundo LANCE e PEARSON (1969).

A toxidez de Al nas partes aéreas é muitas vezes caracterizada por sintomas semelhantes àqueles de deficiência de P (atrofiamento, folhas anormais, pequenas, de coloração púrpura nos colmos, folhas e nervuras) ou de deficiências de Ca (enrolamento das folhas jovens, colap-

so do ápice das plantas ou dos pecíolos), segundo FOY (1974) e MALAVOLTA et alii (1974). Entretanto, PRATT (1966) considerou que estes sintomas não são suficientemente específicos para ter valor como diagnóstico.

De acordo com MALAVOLTA et alii (1977), as raízes são muito afetadas, fazendo-o antes dos órgãos superiores: apresentam inicialmente (1 - 3 dias depois do tratamento, dependendo da espécie e da concentração), uma coloração parda, depois as raízes laterais cessam seu crescimento e em seguida o mesmo ocorre com todo o sistema radicular, as pontas de algumas raízes podem enegrecer e o diâmetro pode aumentar o que, juntamente com a redução do crescimento, dá ao conjunto um aspecto que lembra o da formação de corais; pode-se observar também que as raízes formadas entre o colo e a superfície da solução nutritiva contendo Al são numerosas e desenvolvidas, morrem, entretanto, ao atingirem o substrato.

Os efeitos prejudiciais do Al podem ser avaliados diretamente por observações visuais do sistema radicular ou indiretamente, comparando-se sua absorção nutricional em substratos com baixas e altas concentrações de Al (LANCE e PEARSON, 1969 e WRIGHT, 1943).

### 3.3. Tolerância diferencial ao Al entre espécies e variedades de plantas

As plantas se comportam diferentemente em presença de determinada concentração de Al. Este comportamento diferencial ocorre entre espécies (PRATT, 1966) e entre variedades dentro de espécies (FOY et alii, 1965).

Plantas resistentes ao Al, cultivadas persistentemente em solos ácidos têm mostrado que esta característica se manifesta por gerações sucessivas, tendo sido observada até na quarta geração. Este comportamento fenotípico pode ser associado à baixa capacidade de troca de cátions (CTC) do sistema radicular. A menor CTC de raízes de plantas resistentes à toxicidade de Al seria efetiva possivelmente porque aumentando-se a absorção de cátions monovalentes diminuiu-se a de cátions polivalentes de Al e Mn (VOSE e RANDAL, 1962).

Procurando identificar graus de tolerância à acidez do solo através da produção de grãos obtida em diferentes níveis de calagem e tendo por base a % de saturação em Al, MUZILLI et alii (1978), puderam separar

cultivares de soja de "muito sensíveis" (limite de saturação Al = 10%) até "tolerantes" (limite de saturação de Al de 21 a 25%) e cultivares de trigo de "sensíveis" (limite de saturação de Al = 20%) até "muito tolerantes" (limite de saturação de Al = 45%). Ao comparar ambas culturas concluíram que o trigo é duas vezes mais tolerante à acidez do solo do que a soja. Em sua revisão MUZILLI et alii (1978) cita que MOHR, relacionando o efeito da toxidez como Índice M =  $100 \times \text{Al}/\text{T}$ , caracterizou valores-límites de tolerância à acidez dos solos para arroz (M = 35 a 40%), trigo (M = 30%), cevada (M = 25%) e feijão (M = 20%).

Respostas diferenciais de plantas de trigo mostram que variedades podem ser relacionadas com relativa facilidade para tolerância ao Al, cultivando-as em solução nutritiva. Diferenças na tolerância são rapidamente evidentes após a germinação e podem ser medidas dentro de poucos dias (KERRIDGE et alii, 1971; MOORE, 1974).

O cunho prático desta técnica reside no fato de que a tolerância diferencial observada em solução nutritiva foi relativamente igual quando as plantas foram cultivadas no solo, variando as concentrações de Al trocável. Outra aplicação prática sugerida pelos resultados obtidos seria o controle do Al, através da concentração de P e do controle de pH. A ênfase do uso de solução nutritiva, como técnica para a seleção de plantas tolerantes ao Al, tem sido bem recebida pela sua rapidez e fácil reprodutibilidade, sendo, ainda, adequada aos estudos de genética, permitindo distinguir, os graus de tolerância ao Al, claramente.

FLEMING e FOY (1968), sugerem que a inibição do desenvolvimento da raiz poderia ser usada como indicadora para seleção de plantas altamente tolerantes ao Al. Tal característica, também, poderia ser usada como um indicador biológico de toxidez de Al e de acidez de sub-solos.

MCLEAN e GILBERT (1927) classificaram 12 espécies, de acordo com sua sensibilidade ao Al em solução nutritiva, da forma como segue:

. sensíveis - as que tiveram seu crescimento diminuído por 2 ppm, ou seja: cevada, beterraba, alface e grama-tímoteo;

. intermediárias - as que tiveram seu crescimento diminuído por 7 ppm, ou seja: repolho, aveia, rabanete, centeio e sorgo;

. tolerantes - as que tiveram seu crescimento diminuído por 14 ppm, ou seja: milho, nabo e topo-vermelho.

Plantas de girassol foram cultivadas em solução contendo 0, 2, 4 e 6 ppm de Al, na forma de  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ , sendo o pH inicial igual a 4.6. Os genótipos testados comportaram-se diferentemente e, sintomas de deficiência de Ca, induzidos por Al, vistos antes em plantas cultivadas no solo, não se repetiram quando cultivadas em solução nutritiva. Isto foi explicado devido à presença de 50 ppm de Ca na solução nutritiva, representando maior disponibilidade deste elemento em relação ao Al (FOY et alii, 1974).

Cultivadas em areia, inicialmente, plantas de pessegueiro, após 23 a 24 dias foram transferidas para soluções nutritivas, contendo concentrações de 222, 666 e 2.000  $\mu M$  de Al na forma de  $KAl(SO_4)_2$ , sob pH 4.0. Observou-se que 90% do Al estava na forma de  $Al^{+3}$  e isto foi mantido trocando-se a solução a cada 3 dias. A concentração de nutrientes das folhas diminuía quando a concentração de Al aumentava, exceto a de K, cuja concentração se elevava nas folhas das plantas tratadas com 666  $\mu M$ . Não se detectou Ca nas raízes cultivadas na concentração mais alta de Al (EDWARDS et alii, 1976).

LEITE (1978), trabalhando com 4 cultivares de trigo classificou-as quanto a sua tolerância ao Al e enfatizou em seu trabalho que os caracteres referentes às raízes são mais sensíveis nas suas respostas ao elemento para efeito de classificação do que os referentes à parte aérea. Entre os demais caracteres que estudou, destacou como mais importante o comprimento total das raízes pela sua precisão e o comprimento máximo das raízes pelas sua utilidade prática.

Trabalhando com 30 híbridos de sorgo granífero, os quais foram submetidos às concentrações de 0, 3, 6, 12 e 24 ppm de Al em solução nutritiva, NOGUEIRA (1979), estabeleceu 4 grupos, cujos índices de tolerâncias foram avaliados, considerando como nível crítico 12 ppm de Al. Desta forma os grupos foram definidos como segue:

Grupo I - mais tolerante - média de matéria seca total em 12 ppm acima de 90%.

Grupo II - tolerante - média compreendida entre 80 e 90% ;



Grupo III - medianamente tolerante - média compreendidas entre 70-80%;

Grupo IV - baixa tolerância - média abaixo de 70%.

### 3.4. O Al e seus efeitos deletérios no desenvolvimento do feijoeiro

Adotando o critério de seleção usado por MCLEAN e GILBERT (1927), o feijão pode ser considerado como uma das culturas mais sensíveis ao Al, pois sabe-se que seu crescimento já é razoavelmente prejudicado quando concentrações de 2 ppm estão presentes em um substrato. As suas raízes são muito mais sensíveis do que a sua parte aérea e aquelas têm seu desenvolvimento rápida e visivelmente diminuído quando em presença do elemento.

Adubações químicas pesadas provocam salinização de solos ácidos tornando-os ainda mais ácidos. Este incremento na acidez determina a solubilização de certos elementos tais como Fe, Al e Mn, os quais em altas concentrações produzem grande depressão no desenvolvimento de plantas de feijoeiro (LUNIA et alii, 1961).

Em um experimento de campo com 5 variedades de feijão e 4 de trigo, ambas cultivadas em diferentes níveis de saturação de Al e de disponibilidade de P; MIRANDA e LOBATO (1978), observaram comportamento diferencial dentro de ambas as espécies. Dentre as variedades de feijão a mais tolerante foi a 896 Rico Pardo e dentre as de trigo, IAC-5. Concluíram, ainda, que o trigo foi mais tolerante às condições adversas de saturação de Al e de disponibilidade de P do que o feijão.

FOY et alii (1967), também em um ensaio de campo, constataram que certas variedades de feijoeiro eram mais tolerantes à acidez provocada pelo Al trocável. Estas apresentavam um bom desenvolvimento radicular mesmo quando em presença de teores excessivos, o que lhes permitia uma melhor utilização dos nutrientes e da água nas camadas profundas do solo. Posteriormente, novos experimentos vieram comprovar esta assertiva, além de mostrarem que o Al também produz efeitos diferenciais no conteúdo de Ca, Mg, K e P da composição das raízes de feijão (FOY et alii, 1972).

A utilização da amônia pelo feijoeiro é diminuída quando o pH do meio é bastante ácido mas esta utilização é melhorada e aumentada quando

do a acidez média do meio é mantida aproximadamente neutra através de carbonatos ou hidróxidos (BARKER et alii, 1966). Por outro lado, a absorção do P mostra-se linearmente proporcional à transpiração desde que o meio seja mantido a pH 4.0 (HENDRIX, 1967).

A temperatura influi grandemente na absorção de elementos pelo feijoeiro. SKEEN (1929) relata que tanto o Al quanto o Fe tiveram sua toxidez aumentada quando a temperatura se manteve em torno de 29°C.

Estudando o comportamento de plantas de feijoeiro em solução nutritiva e em presença de vários níveis de Al, RUSCHEL et alii (1968) observaram que os efeitos prejudiciais detectados na parte aérea das plantas não eram causados pela deficiência de P, mas sim pelo excesso de Al presente.

Quando se desenvolveram plantas de feijão em solução nutritiva com e sem Al, observou-se que as plantas de feijão desenvolvidas em soluções contendo teores tóxicos de Al apresentaram uma % de P maior que aquelas que foram desenvolvidas em soluções sem Al. Esta acumulação foi particularmente marcante nas raízes das plantas. Uma pequena % de P solúvel nestas plantas indicou que este foi inativado através de precipitação pelo Al. (WRIGHT, 1943). A distribuição tanto do P como do Al na planta demonstra que o Al inicialmente inativa o P nas raízes e depois interfere em todo o seu metabolismo no interior da planta (WRIGHT e DONAHUE, 1953).

RAGLAND e COLEMAN (1962), trabalhando com raízes destacadas de feijoeiro as quais foram submetidas a um pré-tratamento de soluções contendo diversos teores de Al e, posteriormente, os substratos contendo teores de P, observaram que o Al intensificava a absorção de P pelas raízes destacadas de feijoeiro.

Utilizando microanálise por raio-X, NAIDOO et alii (1978), tinham por objetivo localizar o ponto do interior das raízes em que a injúria do Al ocorria e os pontos de acumulação do elemento nas células do córtex e da região meristemática da raiz. Raízes de feijão (*P. vulgaris* L. var. Dade e Romano) e de algodão (*G. hirsutum* L.) foram tratadas por 12 dias com 20 mg/l de Al e solução nutritiva a pH 4.6. Os dados mostraram que o Al e o P se coprecipitam na superfície e no interior de células do córtex da raiz. Os elementos químicos detectados em maior quantidade nas células radiculares

foram Al, P, S e Ca. Observaram, ainda, que o Al se concentra em maior quantidade no núcleo e concluíram que o Al, provavelmente reduz ou inibe divisão celular por interferência na replicação do ácido nucleico.

Estudando as variedades acima citadas, quanto a sua tolerância ao Al, FOY et alii (1972) consideraram a variedade Dade mais resistente ao elemento do que a Romano.

NAIDOO et alii (1978) ratificaram estas observações, acrescentando que as células das raízes da variedade Dade apresentaram maior capacidade de regeneração que as da Romano, após a injúria do Al e que o núcleo das células da região meristemática das raízes da Dade apresenta uma relação Al:P duas vezes maior do que a mesma relação da Romano.

O desenvolvimento radicular é considerado um ótimo parâmetro selecionador, entretanto, a absorção e translocação do P pela planta em presença de níveis de Al também são sugeridas como parâmetros a serem usados na identificação de tolerância ao Al entre cultivares de feijão (CRUZ et alii, 1967 e FOY, 1971).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

##### 4.1. Equipamentos

Os equipamentos usados nesta pesquisa tiveram sua construção baseada em REID et alii (1971) e LEITE (1978). Estes equipamentos, entretanto, sofreram várias modificações necessárias para que se adaptassem à leguminosa em estudo. Estas modificações serão descritas em seguida.

Foram construídos aquários medindo 71 x 31 x 31 cm cada um, tendo paredes de vidro e vértices de ferro fundido. Três dos seus lados foram cobertos, exteriormente, até ao nível da solução nutritiva, com tinta neutra e preta. Este cuidado foi necessário para evitar desenvolvimento de algas na solução. O lado frontal, não coberto de tinta, foi provido de um tampa de madeira compensada que ao ser removida proporcionava a observação das raízes em crescimento. Cada aquário possui a capacidade para 200 plantas e volume de 37,3 ℓ de solução o que dá uma relação de 186,5 ml/planta. Os aquários permaneceram apoiados sobre mesas de madeira no interior de uma câmara de crescimento.

As bandejas, suporte das plântulas nos aquários, foram construídas de acrílico preto de 4 mm de espessura, em número de 5 por aquário. A base de cada bandeja média 14 x 25 cm e continha 40 orifícios equidistantes através dos quais eram inseridas as plântulas. Estes orifícios guardavam entre si o espaço de 3 cm e apresentavam aproximadamente

6,5 mm de diâmetro. Do mesmo acrílico foram construídos suportes para estas bandejas, através dos quais estas se apoiavam nos aquários. Sobre cada bandeja adaptou-se outra de alumínio, coberta com tinta neutra e preta, que apresentava orifícios de 7 mm de diâmetro coincidentes com os orifícios da bandeja inferior de acrílico.

A bandeja de alumínio podia ser movimentada verticalmente através de fios metálicos de 1,5 mm de diâmetro que eram presos nos suportes de acrílico da bandeja inferior. Esta movimentação era importante porque impedia que os hipocótilos, à medida que crescessem fossem imergindo na solução.

O sistema de aeração da solução no interior dos aquários é o descrito por LEITE (1978). Além de movimentar a solução, a aeração também proporciona bom crescimento radicular.

#### 4.2. Solução nutritiva

A solução nutritiva usada foi a de HOAGLAND e ARNON nº 1 (1950). Esta foi modificada em dois aspectos: - quanto a sua concentração de fósforo que foi reduzida a 0,1 M tendo como fonte o di-hidrogenofosfato de potássio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Isto foi feito com o objetivo de evitar precipitação de alumínio.

- quanto a sua concentração total que foi diluída a 1/5, de tal forma que cada litro da solução de trabalho recebeu os seguintes volumes:

- 0,2 ml de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M
- 1,0 ml de  $\text{KNO}_3$  1,0 M
- 1,0 ml de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  1,0 M
- 0,4 ml de  $\text{MgSO}_4$  1,0 M
- 0,2 ml de solução "a"
- 0,2 ml de Fe-EDTA.

Esta segunda modificação foi feita em vista do tempo de cultivo ser bastante curto (8 dias) e de que neste período o feijoeiro não utiliza o total de nutrientes à sua disposição na solução.

Chamou-se solução "a" a solução de micronutrientes o ferro exclusive, pois este foi fornecido como Fe-EDTA e ambas as soluções foram descritas por MALAVOLTA (1975).

As soluções nutritivas reuniram-se as concentrações 0, 6, 12 e 18 ppm de Al, tendo como fonte o tricloreto de alumínio hexa-hidratado. O pH era ajustado diariamente para 4,0 - 4,2 com as soluções de NaOH 0,1 N e HCl 0,1 N e o volume das soluções era conservado com adição de água destilada quando necessário.

#### 4.3. Montagem dos experimentos

##### 4.3.1. Procedimento

As sementes sofreram uma assepsia superficial através de uma solução de hipoclorito de sódio a 10% , segundo MALAVOLTA (1975).

Como substrato para germinação usou-se vermiculita e quartzo, misturados na proporção 2:1 em volume. O quartzo sofreu um tratamento com uma solução de ácido clorídrico (1 parte de ácido para 4 partes de água) por um dia, ficando 3 dias em água destilada que era trocada diariamente.

O substrato foi acondicionado em caixas de madeira de 55 x 39 x 10 cm, até a altura de 8 cm. Após o seu umedecimento com água destilada, com um molde foram feitos orifícios equidistantes na superfície do substrato. As sementes foram, então, inseridas nestes orifícios, uma a uma, com seus hilos voltados para baixo. Isto para que o crescimento radicular se desse vertical e eretamente, permitindo a colocação das plântulas nas bandejas de maneira uniforme. As sementes foram cobertas com cerca de 1 cm do substrato, novamente umedecidas com água destilada e deixadas para germinar durante 48 horas sob temperatura constante de 25°C. Uma certa porcentagem (20%) de sementes a mais do que a quantidade necessária era colocada a germinar. Isto permitiu o descarte das plântulas anormais, atípicas, doentes e mortas.

Após 48 horas de germinação foi feito o transplante das plântulas para os aquários. Este consistiu na retirada cuidadosa do material germinado, descartes das indesejáveis e seleção das plântulas que

apresentavam 3-4 cm de comprimento radicular. Estas eram inseridas nos orifícios das bandejas que iam para os aquários no interior da câmara de crescimento.

O período de cultivo no interior da câmara de crescimento foi de 8 dias, em que se observaram as seguintes condições ambientais:

- horas de luz (intensidade = 88.000 lux , ao nível das plantas) à temperatura de 25°C constante;

- 10 horas de escuro à temperatura constante de 20°C. Em ambos os períodos a umidade relativa no interior da câmara de crescimento foi mantida constante e igual a 40%.

#### 4.3.2. Obtenção de cultivar e nível de Al padrões (Exp. 1)

Este experimento teve como objetivo a determinação de um cultivar e um nível de Al padrões, parâmetros estes utilizados como base para seleção de materiais na triagem posterior.

Procurou-se determinar um cultivar cujo comportamento fosse o mais estável e tolerante, em presença de quatro níveis de Al, e concomitantemente, dentre estes níveis o que melhor discriminasse os cultivares em estudo.

Os materiais deste experimento foram fornecidos pela seção de Radiogenética do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

Os materiais foram:

- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Rosinha G <sub>2</sub> | 6. N 257 S Rico MG      |
| 2. Carioca                | 7. Porrillo Sintético B |
| 3. Roxinho 734            | 8. Costa Rica           |
| 4. Porrillo Sintético A   |                         |
| 5. S Cuva 168 N           |                         |

Estes materiais foram escolhidos em função de vários aspectos: o Rosinha G<sub>2</sub> por ser bastante cultivado no Estado de São Paulo e outros estados e principalmente por ser preferido pelos consumidores pelas suas qualidades culinárias relativas ao sabor. O Carioca por ser o mais produtivo do Estado de São Paulo, ser preferido junto aos consumidores e ser cultivado em várias regiões do país. O Roxinho 734 por ser proveniente de uma linhagem resistente à ferrugem, ser de alta produtividade e bastante promissor. Foi selecionado pela Seção de Radiogenética do CENA/ESALQ/USP. Os Porrillos A, B e N 257 S Rico MG, recebidos do Centro Interamericano de Agricultura Tropical - CIAT, Cali-Colômbia e incluídos entre 25 outros materiais em viveiro internacional de produção, na Estação Experimental de Tietê, Tietê, SP, em fevereiro de 1978, foram considerados materiais dos mais produtivos deste ensaio. Utilizaram-se duas amostras diferentes do Porrillo Sintético, cognominadas P. Sintético A e P. Sintético B, através das quais procurou-se observar se estes materiais provenientes de um mesmo local, colhidos sob as mesmas condições e numa mesma época, apresentavam comportamento semelhante em função das condições impostas no experimento. O S Cuva 168 N é altamente resistente à ferrugem e, portanto, bastante interessante sob este aspecto. E por último, o Costa Rica, por ser um material de ampla adaptação no Brasil (VIEIRA et alii, 1972).

Para obtenção das plântulas usou-se o procedimento descrito no subitem 3.3.1. Para tal foram colocadas a germinar 120 sementes de cada cultivar que permaneceram por 48 horas a 25°C constante. O substrato de vermiculita e quartzo foi umedecido quando necessário com água destilada. Concluída a germinação, as plântulas selecionadas foram transplantadas para as bandejas e submetidas a condições do experimento. Estas compreenderam: período de cultivo de 8 dias, pH ajustado diariamente para 4,0 - 4,2, condições ambientais controladas e os tratamentos. Os tratamentos são representados por 8 cultivares (Rosinha G<sub>2</sub>, Carioca, Roxinho 734, e P. Sintético A, S Cuva 168 N, N 257 S Rio MG, P. Sintético B e Costa Rica) e por 4 concentrações de Al (0, 6, 12 e 18 ppm), fornecidos sob a forma de tricloreto de alumínio hexahidratado (AlCl<sub>3</sub> · 6 H<sub>2</sub>O).



Cada aquário recebeu uma concentração da maneira como segue:

Aquário	Concentração de Al (ppm)
A	0
B	6
C	12
D	18

Na coleta de dados determinou-se o comprimento máximo de raiz (cm), comprimento da parte aérea (cm), peso de matéria seca da raiz (mg) e peso de matéria seca da parte aérea (mg). Obtiveram-se médias de repetições e procurou-se encontrar correlações entre aqueles parâmetros em função de suas médias de repetições.

Para análise química, efetuou-se a reunião das cinco repetições de raízes de cada tratamento em uma única amostra. As partes aéreas foram conservadas com repetições. Isto porque as repetições individuais de raízes não apresentaram peso mínimo suficiente para análise. No preparo das amostras usou-se metodologia descrita por SARRUGE e HAAG (1974) e fez-se digestão nitro-peclórica, usando para isto bloco digestor BD 40 da Technicon (JORGENSEN, 1977).

Os extratos foram submetidos às seguintes análises:

- Fósforo total por colorimetria em sistema de injeção em fluxo contínuo, segundo RUZICKA e STEWART (1975);
- Alumínio por colorimetria em sistema de injeção em fluxo contínuo, conforme REIS et alii (1979);
- Cálcio e Magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, em sistema de injeção em fluxo contínuo, de acordo com ZAGATTO et alii (1979);
- Potássio por fotometria de chama de emissão em sistema de injeção em fluxo contínuo, descrito por ZAGATTO et alii (1979).

O delineamento experimental usado foi do tipo blocos ao

acaso, com 8 tratamentos e 5 repetições utilizando-se 5 plantas cada repetição, sendo que cada concentração de Al (0, 6, 12 e 18 ppm) foi considerada um experimento em separado. Posteriormente, reuniram-se as 4 concentrações e efetuou-se uma análise conjunta dos experimentos.

#### 4.3.3 Triagem de materiais (Exp. 2)

Neste experimento, utilizando-se o cultivar e o nível de Al padrões, testaram-se 228 materiais subdivididos em 3 ensaios. Em cada um foram testados 76 materiais.

Os materiais foram obtidos em bancos de germoplasmas do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF - EMBRAPA, Goiânia, GO, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Seção Radiogenética, CENA, Piracicaba, SP, e do Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali-Colombia. Os materiais testados foram:

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Rapê ESAL               | 21. Ica Pijao (L. 32)  |
| 2. Paulistinha Branco      | 22. Preto Marrico      |
| 3. Comp. COTA x TLA        | 23. Turrialba 1        |
| 4. Rosinha EPP 45726       | 24. 51052              |
| 5. 26003                   | 25. 26071              |
| 6. San Andrés              | 26. S-118-Venezuela    |
| 7. S - 205 - Venezuela     | 27. V-1-4              |
| 8. 26089                   | 28. 11320              |
| 9. Chumbinho               | 29. S-182-N            |
| 10. México 262             | 30. 50589              |
| 11. Preto 19               | 31. Rio Tibagi         |
| 12. México 29              | 32. Preto Col. 73-3248 |
| 13. S-24-54                | 33. L-29               |
| 14. S-562-P                | 34. (N-159) 12-B-P-3   |
| 15. EF-35                  | 35. S-208-Venezuela    |
| 16. 26066                  | 36. Venezuela 36       |
| 17. S-52-7                 | 37. C-126-N            |
| 18. N-76                   | 38. Preto 143 PS       |
| 19. México 309             | 39. Porrillo 70        |
| 20. Frijol Negro Cália Boú | 40. Ica Pijao          |

41. A 901-54-1-2
42. Lagoa dos Bodes
43. Guatemala 162
44. Cubano Brilhoso
45. Floresta 3
46. México 407
47. 26074
48. 65(S) Negro Dulce
49. PI 215-718
50. 170
51. T200
52. Rico 23
53. Mauro VP 109
54. NR 12-1550
55. Col 109
56. Frijol de Parra
57. Santander del Norte
58. Venezuela 350 PS
59. Mulatinho Paulista
60. Brasil 343
61. S-89-N
62. Black Valentine
63. Caianinho
64. Ecuador 299
65. Paranazinho
66. México 353
67. Feijão Vagem Roxa
68. Pr-R-52
69. Michoagan 31
70. México 487
71. 51051 1
72. Desconhecido Amarelo
73. Guateran 6662
74. Turrialba 2
75. Comp. Negro Chimaltenangro
76. C-166-N
77. Preto 158
78. 73 VUL 3798-M
79. Roxinho
80. S-467-Venezuela
81. Simétrio S. de Ipanema
82. 73 VUL 5039-1
83. Boca Funda
84. Flor do Ramo
85. Jalo
86. Roxo Ribeirão
87. Feijão Amendoim
88. Jabo Branco Gogo
89. N 595 Santo Tomaz 8N
90. Tahyú
91. Preto ~~GL~~-IAC
92. Gordo
93. Mulatinho
94. HF 465-63-1
95. Porto Alegre Vagem Roxa
96. Peixe n'água
97. Chileno Grosso
98. IPEAL 70 MS R-10
99. 73 VUL 4613-1
100. Regal
101. Suiço Mulatinho
102. E. E. de Caruarú
103. Vagem Roxa de Cacho
104. NR 18249
105. Col. 73-6620
106. C-167-N
107. Charque 2
108. Iguaçú
109. Sacavem 538
110. Fosco Vermelho
111. N-47

- |                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| 112. 51053                         | 147. 73 VUL 5205-1-T-M   |
| 113. CE 30                         | 148. Bico de Ouro MT-MDT |
| 114. Vagem Roxa                    | 149. Preto Rico          |
| 115. 73 VUL 3932-1                 | 150. Roxão EEP           |
| 116. Redlands Greenleaf C          | 151. Preto Cinzento      |
| 117. Manguito                      | 152. Branco Chileno      |
| 118. Enxofre                       | 153. 1196-P 546-A GO     |
| 119. Paidégua                      | 154. 1199-P 417-B GO     |
| 120. Brasil 1298                   | 155. 1200-P 545-A GO     |
| 121. 73 VUL 4795-1                 | 156. 1201-P 548-A GO     |
| 122. 814                           | 157. 3582-P 467-A GO     |
| 123. Mulatinho AB                  | 158. 3583-P 382-A GO     |
| 124. 73 VUL 5174-1-T-1             | 159. 3579-P 277-A GO     |
| 125. Sto. Tomaz 8 N N 595          | 161. Brasil 1096         |
| 127. Manteguinha Macassa           | 162. Aetê 1              |
| 128. San Pedro Pínula              | 163. 3595-P 551-B GO     |
| 129. Cearense                      | 164. 3591-P 549-A GO     |
| 130. Perú 5 Roxinho                | 165. 3586-P 547 A GO     |
| 131. Manteiga 977                  | 166. 3589-P 544-A GO     |
| 132. IPA-74-37                     | 167. 3592-P 467-A GO     |
| 133. Vila Nova                     | 168. 3585-P 454-A GO     |
| 134. Lavandeira                    | 169. 3594-P 423-A GO     |
| 135. Mulatinho Preto               | 170. CD 40               |
| 136. Mulungu                       | 171. EEP-12-547 Uberaba  |
| 137. Tara ?                        | 172. Pork Kidney         |
| 138. L-44                          | 173. Manteguinha         |
| 139. Red Kidney                    | 174. IPEAL 70 MS R-23    |
| 140. Bagato                        | 175. Híbrido Americano   |
| 141. Rim de Porco S. de<br>Ipanema | 176. 73 VUL 3833-1       |
| 142. Irecê Bahia                   | 177. Magdalena-9         |
| 143. Costa Rica IPA-1              | 178. Gorgutuba           |
| 144. PI 312041                     | 179. 73 VUL 3957-1       |
| 145. Café                          | 180. 73 VUL 4569-M       |
| 146. IPEAL 70 MS R-08              | 181. L-43                |
|                                    | 182. Temistocle          |

- |                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| 183. Mulatão de Moita                 | 219. Honduras 4 |
| 184. Rosinha São Paulo                | 220. Tupi 6     |
| 185. Canário 101                      | 221. TMD-1      |
| 186. 73 VUL 4374-1                    | 222. Roxo 746   |
| 187. 7336/71                          | 223. Roxo 733   |
| 188. Green Isle                       | 224. Roxo 757   |
| 189. Colina Caruarú 73                | 225. P 705      |
| 190. EF 1019                          | 226. CR 907     |
| 191. Var. 230                         | 227. P 697      |
| 192. Fígado de Ganso                  | 228. P 685      |
| 193. Nove Caroços                     |                 |
| 194. 73 VUL 4024-1                    |                 |
| 195. Galo de Capina                   |                 |
| 196. IPEAL 70 MS R-02                 |                 |
| 197. Mulatinho A                      |                 |
| 198. XI - Bom Preço                   |                 |
| 199. Flor Branca na Cacho             |                 |
| 200. PI 207.262                       |                 |
| 201. 73 VUL 3220                      |                 |
| 202. Trujillo 3                       |                 |
| 203. USPI 165.246 (W. Seeded)         |                 |
| 204. C 5 W 643 California Small White |                 |
| 205. A 901-54-1-2                     |                 |
| 206. Roxinho Precoce                  |                 |
| 207. Porrillo                         |                 |
| 208. Rico                             |                 |
| 209. Rosinha de Rondonópolis          |                 |
| 210. Rico Pardo                       |                 |
| 211. Patos Preto                      |                 |
| 212. Jambú                            |                 |
| 213. Preto VP 235                     |                 |
| 214. Rosinha 1336                     |                 |
| 215. Rosinha 729 Sel. 65/59           |                 |
| 216. Esquisito                        |                 |
| 217. Bico de Ouro VP-169              |                 |
| 218. 65 (B) 9 Zamorana Sel. 273       |                 |

Sendo de origens e épocas diferentes, estes materiais não possuem essencialmente a mesma qualidade, principalmente quanto a vigor, sanidade e uniformidade, o que justifica o cuidado tomado quando da seleção das plântulas.

Estas últimas foram obtidas usando-se o procedimento descrito no subitem 3.3.1.. Foram colocadas para germinar 20 sementes de cada material, 50% mais que o número necessário para o experimento.

A condução da germinação foi a mesma descrita no subitem supra citado e, após sua conclusão, as plântulas selecionadas foram transplantadas para as bandejas que foram colocadas sob as condições do experimento.

As condições experimentais foram: período de cultivo de 8 dias, pH constante e ajustado diariamente para 4,0 - 4,2, condições ambientais controladas e os tratamentos.

Os tratamentos foram representados por 76 materiais em cada ensaio, mais o cultivar padrão e por 2 concentrações de Al (0 e 6 ppm). Cada aquário recebeu a seguinte concentração):

Aquário	Concentração de Al (ppm)
A	0
B	0
C	6
D	6

Na coleta de dados determinou-se apenas o comprimento máximo de raiz (cm), parâmetro considerado não só de fácil e rápida obtenção, mas também o que melhor se correlacionou com o Al no presente trabalho.

Não houve delineamento estatístico, porque usou-se apenas uma repetição de 5 plantas de cada tratamento, em cada nível de Al. Determinou-se, no entanto, a relação  $A = \frac{B}{C}$  sendo:

B = % de decréscimo do comprimento máximo da raiz (cm) do nível 6 ppm de Al em relação ao nível 0 ppm de um dado material e C = % de decréscimo do comprimento máximo da raiz (cm) do nível 6 ppm de Al em relação ao nível 0 ppm do padrão.

Através desta relação A pode-se relacionar grupos de tolerância relativa ao Al. Estes últimos foram determinados pelas convenções a seguir:

Grupo I - Tolerante :  $A < 0,78$

Neste grupo colocam-se os materiais cuja % de decréscimo do comprimento máximo de raiz (cm) do nível 6 ppm do Al em relação ao 0 ppm é  $< 35,5\%$  ou materiais que são mais que 28% superiores ao padrão (no caso o padrão é considerado igual a 100 e, portanto, estes materiais apresentam valor relativo  $> 128$ ).

Grupo II - Medianamente tolerante :  $0,78 \leq A < 1,00$

Neste intervalo se inserem os materiais cujo B acima explicitado varia de 50-35,5% ou que são 0-28% superiores ao padrão (apresentam valores relativos de 100-128).

Grupo III - Baixa tolerância :  $A \geq 1,00$

Aqui aparecem os materiais cujo B é  $> 50\%$  ou, que apresentam valores percentuais relativos  $< 100\%$ , sendo, portanto, piores que o padrão quanto à característica estudada.

#### 4.3.4. Experimento com materiais triados (Exp. 3)

Neste experimento procurou-se testar 6 materiais considerados tolerantes na triagem anterior (Rosinha 720 Sel. 65/59, Composto Negro Chimaltenango, Jalo, Bico de Ouro MT-MDT, 3579 P 227 A GO e Paranazinho) um material pior que o padrão (26074) e o próprio padrão (N 257 S Rico MG); os quais foram submetidos a 4 concentrações 0, 6, 12 e 18 ppm de Al.

O objetivo deste experimento foi observar-se o comportamento dos materiais triados em função de concentrações crescentes de Al e, enfim, o comportamento do próprio método.

Os materiais usados neste experimento foram:

1. Rosinha 729 Sel. 65/59
2. Composto Negro Chimaltenango
3. Jalo
4. Bico de Ouro MT-MDT
5. 3579 P 227 A GO
6. Paranazinho
7. 26074
8. N 257 S Rico MG (Padrão)

O procedimento usado neste experimento é o mesmo utilizado no experimento 1, descrito no subitem 3.2.3..

As condições do experimento foram as mesmas já indicadas anteriormente. Os tratamentos são representados por 8 materiais, acima discriminados e por 4 concentrações de Al (0, 6, 12 e 18 ppm), fornecidos como tricloreto de alumínio hexahidratado ( $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ). Cada aquário recebeu uma determinada concentração como segue :

Aquário	Concentração de Al (ppm)
A	0
B	6
C	12
D	18

O comprimento máximo da raiz (cm) foi o único caráter obtido com fins quantitativos e comparativos.

O delineamento foi do tipo blocos ao acaso, com 8 tratamentos (materiais) e 5 repetições sendo utilizadas 5 plantas em cada repetição. Cada nível de Al foi considerado um experimento, do qual se fez uma análise de variância individual. Posteriormente reuniram-se as 4 concentrações de Al e efetuou-se uma análise conjunta dos experimentos.



## 5. RESULTADOS

### 5.1. Obtenção de um cultivar e de um nível de Al padrões (Exp. 1)

Os caracteres ou ~~parâmetros~~ de desenvolvimento obtidos após o cultivo por 8 dias em solução nutritiva de 8 cultivares de feijão sob pH 4,0 - 4,2 e concentrações de 0, 6, 12 e 18 ppm de Al foram: comprimento máximo de raiz (cm), comprimento da parte aérea (cm), peso de matéria seca da raiz (mg) e peso de matéria seca da parte aérea (mg).

Os resultados médios, referentes às 5 repetições, obtidos para os caracteres comprimento máximo de raiz (cm) e peso de matéria seca da raiz (mg) são apresentados na Tabela 1. Também, nesta Tabela, para maior facilidade de visualização dos valores obtidos, os dados médios dos caracteres citados, relativos às concentrações 6, 12 e 18 ppm de Al, foram relacionados ao controle, assumindo para este o valor 100. Deste modo, na Tabela 1, pode-se observar que o comprimento máximo de raiz decresceu, à medida que aumentou a concentração de Al. Assim é que, para o cultivar Rosinha G<sub>2</sub>, o valor do comprimento máximo de raiz que para controle apresentou média de 23,88 cm, para 6 ppm de Al tal média foi de 19,74, para 12 ppm de 19,85 e, finalmente, para 18 ppm, 6,45. Em relação ao controle (considerado como 100) estes valores decresceram para 82,41 e 27%, respectivamente. Quanto ao peso da matéria seca da raiz observou-se, também, tendência à decréscimo sob teores crescentes de Al. Comparando-se estas duas características, quando se observam os valores relativos aos

controles (considerados como 100%) pode-se observar que o peso de matéria seca da raiz decresceu menos do que o comprimento máximo de raiz.

Na Tabela 2 estão os dados médios relativos ao comprimento da parte aérea (cm) e ao peso de matéria seca da parte aérea (mg). À semelhança dos caracteres anteriores, os controles também foram considerados como 100% e as médias das características, para doses crescentes de Al, foram relacionadas com este valor. Nesta Tabela, observa-se também, em geral, um decréscimo em relação aos controles, tanto no comprimento da parte aérea, como no seu peso de matéria seca; à medida que aumenta a concentração de Al. Mas observando-se, detalhadamente, os dados desta Tabela, nota-se que para o comprimento da parte aérea, praticamente, não há diferenças entre os níveis 6 e 12 ppm de Al, havendo um decréscimo acentuado para 18 ppm. Já para o peso de matéria seca, na maioria dos casos, torna-se difícil uma análise convincente, pois não há uma distinção clara entre os níveis 6, 12 e 18 ppm de Al.

Um resumo da análise de variância conjunta contendo os quadrados médios referentes a todos os caracteres estudados e aos experimentos (0, 6, 12 e 18 ppm de Al) em blocos ao acaso, aparece na Tabela 3.

Para se identificar o caráter que melhor correlação apresenta com o Al, ou que melhor avalie a tolerância ao Al, estimou-se a correlação  $r$  existente entre os caracteres estudados, dois a dois. Os resultados aparecem na Tabela 4. Nesta, observa-se que a maior correlação é a referente aos caracteres comprimento máximo de raiz x peso de matéria seca da raiz; em segundo lugar tem-se a referente a comprimento máximo de raiz x comprimento da parte aérea, em seguida, a referente a comprimento da parte aérea x peso de matéria seca da raiz. Seguindo este raciocínio, vê-se que a menor correlação foi observada entre os caracteres peso de matéria seca da raiz x peso de matéria seca da parte aérea.

Um valor médio para estas correlações envolvendo um mesmo caráter foi estimado. Estes dados encontram-se na Tabela 5. Os dados desta Tabela mostram que o maior valor para a correlação média é apresentado pelo caráter comprimento máximo da raiz, o qual é seguido por comprimento da parte aérea, peso de matéria seca da raiz e peso de matéria seca

da parte aérea. Desta forma o comprimento máximo de raiz pode ser considerado o caráter que melhor avalia a tolerância ao Al; podendo, portanto, ser utilizado como tal. As observações que virão a seguir terão mais ênfase no sentido deste caráter.

Utilizando-se metodologia de EBERHART e RUSSEL (1966), para cada um dos cultivares estudados, foram obtidos coeficientes de regressão linear, referentes ao caráter comprimento máximo de raiz.

Na Tabela 6 observam-se os resultados dos Testes F dos desvios da componente linear e coeficientes de regressão linear para os cultivares em estudo. Como se pode observar, o menor valor de F dos desvios da componente linear é apresentado pelo cultivar 3 (Roxinho 734) o qual é seguido pelo cultivar 6 (N 257 S Rico MG) cujos valores são, respectivamente: 0,4853 e 1,0035, ambos não significativos. Os maiores valores de F são apresentados pelos cultivares 1 (Rosinha G<sub>2</sub>) e 7 (Porri-lo Sintético B), cujos valores, respectivamente, 18,3758 e 6,7543, ambos significativos a nível de 1% de probabilidade. O cultivar 6 (N 257 S Rico MG) apresenta o menor coeficiente de regressão linear, cujo valor é igual a 0,7741, indicando que em média, o seu comprimento de raiz sofre uma depressão, comparativamente, menor que os demais em presença das concentrações crescentes de Al estudadas. O cultivar 3 (Roxinho 734) apresenta o segundo menor valor para o coeficiente de regressão linear e o maior valor é apresentado pelo cultivar 5 (S Cuva 168 N). Em função do coeficiente de regressão linear (b), o cultivar N 257 S Rico MG é o mais tolerante dos cultivares testados, apresentando além disso, um comportamento linear de boa estabilidade (como se observa pelos valores de b e F da Tabela 6), podendo assim, ser usado como padrão para seleção de outros materiais de feijão.

Para a obtenção da concentração de Al que melhor discriminasse os cultivares em estudo, determinaram-se os coeficientes de variação entre os tratamentos ou cultivares ( $CV_t$  %) e coeficientes de variação do erro experimental ( $CV_e$  %) em função das concentrações de Al estudadas, para o caráter comprimento máximo de raiz. Os resultados podem ser observados na Tabela 7, que ainda apresenta a esperança matemática para os tratamentos e a média experimental geral.

Na Tabela supra citada, a média experimental geral apresenta uma tendência a decrescer, quando a concentração de Al sobe; o mesmo comportamento se observa para a esperança matemática dos tratamentos. O  $CV_t$  % tem uma tendência geral para decrescer e o  $CV_e$  % tem comportamento oposto, à medida que cresce a concentração de Al; contudo, a concentração 6 ppm de Al apresenta o maior valor para o  $CV_t$  % e o menor para o  $CV_e$  %. Disto se deduz que a concentração 6 ppm de Al pode ser usada como nível padrão em seleção de materiais de feijão tolerantes ao Al.

### 5.1.1. Análises químicas

Os teores dos elementos P, K, Ca, Mg e Al da raiz e parte aérea obtidos através das análises químicas, foram transformados em %. Para isto, considerou-se igual a 100 os teores dos elementos presentes na raiz e parte aérea dos cultivares desenvolvidos sob zero ppm de Al. Os demais valores foram obtidos a partir desta padronização. Os resultados aparecem na Tabela 8. Nesta Tabela observa-se que os teores de P das raízes dos cultivares, de modo geral, tendem a aumentar em presença de Al, tal como se vê para o cultivar 3 (Roxinho 734). Alguns cultivares, não obstante, apresentam teor de P nas raízes maior na concentração intermediária, 12 ppm de Al, que na concentração 18 ppm de Al. É o que acontece com o cultivar 2 (Carioca) que em 6 ppm de Al, apresenta um aumento de 69% no teor de P das suas raízes em relação ao controle, em 12 ppm de Al de 127% e, em 18 ppm de Al, 115%. Em outros casos, o teor de P das raízes na concentração 12 ppm de Al é menor que em 6 ppm de Al, como se observa para o cultivar 6 (N 257 S Rico MG), o qual apresenta um aumento no teor de P das raízes em 6, 12 e 18 ppm de Al, respectivamente, igual a 31%, 8% e 38%. Os teores de P da parte aérea dos cultivares, em geral, sofrem um decréscimo, quando em presença de concentração de Al e, à medida que estas aumentam, aquele diminui. Na concentração 12 ppm de Al podem aparecer casos em que os teores de P da parte aérea modifiquem esta análise geral, tal como ocorreu anteriormente para o P das raízes. Assim é que, por exemplo, o cultivar 6 (N 257 S Rico MG) em 12 ppm de Al apresenta um decréscimo maior no teor de P da parte aérea em relação ao controle (o ppm de Al) que em 6 ppm de Al. Em outros casos, alguns cultivares, como o 3 (Roxinho 734), apresentam um aumento inicial no teor de P da parte aérea, sendo que este aumento é cada vez menor à medida que cres-

ce a concentração de Al.

De modo geral, o K das raízes tende a sofrer um decréscimo com o aumento da concentração de Al. Em alguns casos ocorrem pequenos incrementos em 6 ppm de Al e, em seguida, em 12 e 18 ppm de Al, decréscimos crescentes. Isto pode ser observado para o cultivar 5 (S cuva 168 N) que apresenta para o teor de K das raízes em 6 , 12 e 18 ppm de Al, respectivamente, um acréscimo de 30% , e decréscimos de 16% e 41% , em relação ao controle (considerado igual a 100). Para o teor de K da parte aérea, observa-se que este tende a decrescer, à medida que aumenta a concentração de Al. O teor de Ca tanto das raízes quanto da parte aérea tende a decrescer drasticamente quando se aumenta a concentração de Al. Assim é que, por exemplo, o cultivar 1 (Rosinha G<sub>2</sub>) para as concentrações 6 , 12 e 18 ppm de Al apresenta, respectivamente para raiz os valores % de Ca igual a 28% , 23% e 11% , e, para parte aérea, os valores 55% , 35% e 13% .

Uma tendência geral de decréscimo é o que se observa na tabela 8 , para o teor de Mg das raízes, à medida que aumenta a concentração de Al. Este decréscimo é menor no caso de 12 ppm de Al que nas duas outras concentrações (6 e 18 ppm). Um declínio crescente nos teores de Mg da parte aérea também pode ser observado quando aumenta a concentração de Al, sendo que este declínio para a concentração intermediária, 12 ppm, é mais acentuado, como se observa para o cultivar 2 (Carioca), cujos os valores são, respectivamente: 93% , 73% e 85% .

Os teores de Al das raízes, em termos genéricos, sofrem um grande incremento, quando em presença de concentrações de Al, sendo que este incremento aumenta quando cresce a concentração de Al, exceto para a concentração 12 ppm de Al, onde na maioria dos casos este incremento é dos menores observados. Com relação ao teor de Al da parte aérea pode-se observar a mesma tendência de crescimento, à medida que cresce a concentração de Al no substrato. Comparando-se o teor de Al da raiz com o da parte aérea, vê-se que este último apresenta uma tendência de aumento crescente, drasticamente acentuado, à medida que cresce a concentração de Al enquanto que no caso da raiz este aumento, embora maior em 6 ppm de Al, cresce de maneira bem menos acentuada, à medida que aumenta a concentração de Al.

Considerando que o nível 6 ppm de Al foi escolhido como padrão, procurar-se-á correlacionar os dados dos elementos analisados em função deste nível, já que os dados dos outros níveis teriam pouca importância, com relação às conclusões finais. Utilizando-se os dados da tabela 8 calculou-se a porcentagem de variação ( $\Delta$  %), para cada elemento analisado, do nível 6 ppm de Al para o controle (0 ppm) que como já foi observado, é considerado igual a 100, tanto para a raiz como para a parte aérea. Para isto, subtraiu-se dos valores percentuais do nível 6 ppm o valor 100. Os resultados aparecem na tabela 9. Nesta tabela vê-se que, com relação à  $\Delta$  P% para a raiz, os cultivares que apresentam as menores variações são o 3 (Roxinho 734) e o 6 (N 257 S Rico MG), e os que apresentam as maiores variações são o 5 (S Cuva 168 N) e o 2 (Carioca). Para a parte aérea, os que apresentam as variações mais positivas são o 3 (Roxinho 734) e o 4 (Porrillo Sintético A) e os de mais negativas variações são o 2 (Carioca) e o 1 (Rosinha G<sub>2</sub>). Os dados mostram ainda que para o caso da raiz os cultivares que apresentam as variações mais negativas ou menores para o  $\Delta$  K% são o 3 (Roxinho 734) e o 6 (N 257 S Rico MG), sendo as variações mais positivas apresentadas pelo 5 (S Cuva 168 N) e o 2 (Carioca). Para a parte aérea, as variações mais negativas são apresentadas pelo 3 (Roxinho 734) e o 8 (Costa Rica) e as menos negativas, pelo 2 (Carioca) e o 1 (Rosinha G<sub>2</sub>). Com relação à  $\Delta$  Ca% para o caso da raiz, os menos negativos são os 1 (Rosinha G<sub>2</sub>) e o 2 (Carioca). No caso da parte aérea, temos que os menos negativos são o 3 (Roxinho 734) e o 2 (Carioca) e os mais negativos são o 8 (Costa Rica) e o 4 (Porrillo Sintético A). Os cultivares que apresentam as variações menos negativas com relação à  $\Delta$  Mg% para a raiz são o 6 (N 257 S Rico MG) e o 8 (Costa Rica) e os que apresentam as variações mais negativas são o 5 (S Cuva 168 N) e o e (Porrillo Sintético A). Os que apresentam variações menos negativas, para o caso da parte aérea, são o 2 (Carioca) e o 1 (Roxinha G<sub>2</sub>) e mais negativas são o 4 (Porrillo Sintético A) e o 8 (Costa Rica). Considerando a  $\Delta$  Al% para a raiz, vê-se que os cultivares que apresentam as menores variações são o 3 (Roxinho 734) e o 6 (N 257 S Rico MG) e as maiores são o 4 (Porrillo Sintético A) e o 1 (Rosinha G<sub>2</sub>). Para a parte aérea as menores variações são apresentadas pelo 7 (Porrillo Sintético B) e o 2 (Carioca) e as maiores pelo 6 (N 257 S Rico MG) e o 5 (S Cuva 168 N).

Os coeficientes de regressão linear ( $b$ ) para o caráter comprimento máximo de raiz de cada cultivar, os quais indicam a tolerância ao Al dos cultivares, foram correlacionados às  $\Delta M\%$ , onde  $M = P, K, Ca, Mg$  e  $Al$ , do nível 6 ppm em relação ao zero, para raiz e parte aérea. Os resultados são apresentados na tabela 10. Nesta tabela vê-se que as correlações  $r$  para as raízes foram positivas e significativas para os casos de  $b \times P\%$ ,  $b \times K\%$  e  $b \times Al\%$ , enquanto para a parte aérea, estas correlações foram todas negativas e não significativas.

## 5.2 - Triagem de materiais de feijão (Experimento 2)

As tabelas 11, 12 e 13 mostram os resultados dos três ensaios que constituem a triagem de 228 materiais. Nestas tabelas tem-se as porcentagens de decréscimo do comprimento máximo de raiz do nível 6 ppm de Al em relação ao zero (B) e, além disso, tem-se a relação A, que pode ser melhor explicitada da seguinte forma:  $A = B : C$ , onde B = % de decréscimo do comprimento máximo de raiz do nível 6 ppm de Al em relação ao zero, tomado igual a 100, para um dado material e, C = % decréscimo do comprimento máximo de raiz do nível 6 ppm de Al em relação ao zero, para o padrão.

Na tabela 11 pode-se observar que o valor B varia de um mínimo de 31,79% a um máximo de 86,54%, ao passo que a relação A varia de um mínimo de 0,71 para um máximo de 1,94, correspondentes, respectivamente, aos materiais 65 (Paranazinho) e 47 (26074).

Na tabela 12, o valor B varia de 35,17% a 68,69% e a relação A de 0,69 a 1,35, correspondentes, respectivamente, aos materiais 148 (Bico de Ouro MT - MDT) e 99 (Sacavem 538).

Na tabela 13 o valor B varia de 15,93% a 64,44% e a relação de 0,41 a 1,67, referentes, respectivamente, aos materiais 215 (Rosinha 729 Sel. 65/59) e 191 (Var. 230).

Os materiais testados nos ensaios que constituíram esta triagem, cujos resultados aparecem nas tabelas 11 , 12 e 13 já citadas, foram, através da relação A , reunidos em grupos de tolerância relativa ao A1, da forma como segue:

Grupo I - Tolerante:  $A \leq 0,78$

<u>Materiais</u>	<u>A</u>
Rapê ESAL	0,77
Paranazinho	0,71
Comp. Negro Chimaltenango	0,65
Jalo	0,69
Bico de Ouro MT-MDT	0,69
3579 P 227 A GO	0,71
Aetê 1	0,74
3595 P 551 A GO	0,72
IPEAL 70 MS R-23	0,76
Nove Carochos	0,76
USPI 165,246 (W. S.)	0,77
Rosinha 729 Sel 65/59	0,41
TMD-1	0,77

Grupo II - Mediamente tolerante:

$$0,78 \leq A < 1,00$$

<u>Materiais</u>	<u>A</u>
Paulistinha Branco	0,99
Rosinha EPP 45726	0,89
A 901-54-1-2	0,80
Lagca dos Bodes	0,89
Guatemala 162	0,91
65 (S) Negro Dulce	0,99
PI 215-718	0,88
170	0,87
Rico 23	0,93



<u>Materials</u>	<u>A</u>
Mauro VP 109	0,83
NR 12-1550	0,86
Santander Del Norte	0,94
Mulatinho Paulista	0,83
Black Valentine	0,87
Caianinho	0,81
Feijão Vagem Roxa	0,87
Michoagan 31	0,81
México 487	0,91
Guatemalan 6662	0,94
Turrialba 2	0,95
73 VUL 3798-M	0,95
Roxinho	0,98
Simétrico S. de Ipanema	0,92
Boca Funda	0,93
Roxo Ribeirão	0,83
Jalo Branco Gogo	0,95
Tahyú	0,88
Peixe Nágua	0,87
Vagem Roxa de Cacho	0,83
Manguito	0,88
Enxofre	0,79
73 VUL 5174-1-T-1	0,94
73 VUL 3935-1	0,96
Santo Tomaz 8 N	0,87
San Pedro Pinula	0,98
IPA-74-37	0,97
Lavandeira	0,96
Bagato	0,80
Rim de Porco S. Ipanema	0,79
Café	0,94
IPEAL 70 MS R-08	0,92
Roxão EEP	0,89
Branco Chileno	0,94
1199-P 417 B GO	0,87

<u>Materiais</u>	<u>A</u>
1200 - P 545 A GO	0,97
3591 - P 549 A GO	0,89
CD - 40	0,86
73 VUL 4569 - M	0,91
XI - Bom Peça	0,94
PI - 207.262	0,99
73 VUL 3220	0,87
Trujillo 3	0,91
Rosinha de Rondonópolis	0,86
Rico Pardo	0,99
Patos Preto	0,87
P 705	0,93
P 697	0,97

Grupo III - Baixa Tolerância:  $A \geq 1,00$

<u>Materiais</u>	<u>A</u>
Composto COTA x TLA	1,28
26003	1,16
San Andrés	1,10
S-205-Venezuela	1,30
26089	1,18
Chumbinho	1,25
México 262	1,22
Preto 19	1,21
México 29	1,20
S-24-54A	1,16
S-562-P	1,16
EF-35	1,41
26066	1,27
S-52-7	1,16
N-76	1,27
México 309	1,33
Frijol Negro Cália BCU	1,14

<u>Materials</u>	<u>A</u>
Ica Pijac (L. 32)	1,23
Preto Marrico	1,14
Turrialba 1	1,28
51052	1,31
26.071	1,11
S-118-Venezuela	1,20
V-1-4	1,27
11320	1,00
S-182-N	1,08
50589	1,19
Rio Tibagi	1,17
Preto Col. 73-3248	1,30
L-29	1,18
(N-159) 12-B-P-3	1,32
S-208-Venezuela	1,24
Venezuela 36	1,38
C-126-N	1,23
Preto 143 PS	1,11
Porrillo 70	1,12
Ica Pijao	1,08
Cubano brilhoso	1,03
Floresta 3	1,02
México 407	1,23
26074	1,94
T 200	1,00
col. 109	1,18
Frijol Del Parra	1,14
Venezuela 350 PS	1,00
Brasil 343	1,12
S-88-N	1,04
Ecuador 299	1,21
México 353	1,03
Pr-R-52	1,21
51051	1,11
Desconhecido Amarelo	1,06

<u>Materiais</u>	<u>A</u>
C-166-N	1,13
Preto 158	1,16
S - 467 - Venezuela	1,18
73 VUL 5039-1	1,02
Flor do Ramo	1,22
Feijão Amendoim	1,11
N 595 Santo Tomaz 8 N	1,08
Preto GL-IAC	1,18
Gordo	1,24
Mulatinho	1,04
HF 465-63-1	1,09
Porto Alegre Vagem Roxa	1,12
Chileno Grosso	1,07
IPEAL 70 MS R-10	1,05
73 VUL 4613-1	1,35
Regal	1,00
Suiço Mulatinho	1,08
E. E. de Caruarú	1,22
NR 18249	1,09
Col. 73-6620	1,10
C-167-N	1,19
Charque-2	1,26
Iguaçu	1,28
Sacavem 538	1,26
Fosco Vermelho	1,01
N-47	1,19
51053	1,07
CE 30	1,19
Vagem Roxa	1,09
73 VUL 3932-1	1,03
Redlands Greenleaf C	1,31
Paidégua	1,28
Brasil 1298	1,15
73 VUL 4795-1	1,15
814	1,05

<u>Materials</u>	<u>A</u>
Mulatinho AB	1,30
Mantequinha Macassa	1,10
Cearense	1,20
Peru 5 Roxinho	1,27
Manteiga 977	1,04
Vila Nova	1,03
Mulatinho Preto	1,07
Mulungu	1,25
Tara	1,02
L-44	1,03
Red Kidney	1,14
Irecê Bahia	1,04
Costa Rica IPA-1	1,10
PI 312041	1,23
73 VUL 5205-1-T-M	1,18
Preto Rico	1,03
Preto cinzento	1,15
1196 - P 546 A GO	1,22
1201 - P 548 A GO	1,12
3582 - P 469 A GO	1,01
3583 - P 382 A GO	1,18
3578 - P 241 A GO	1,42
Brasil 1096	1,22
3586 - P 547 A GO	1,24
3589 - P 544 A GO	1,03
3592 - P 467 A GO	1,16
3585 - P 454 A GO	1,00
3594 - P 423 A GO	1,06
EEP - 12-547 Uberaba	1,11
Pork Kidney	1,23
Manteguinha	1,16
Híbrido Americano	1,37
73 VUL 3833-1	1,52
Magdalena-9	1,17
Gorgutuba	1,15

<u>Materials</u>	<u>A</u>
73 VUL 3957-1	1,32
L-43	1,03
Temistocle	1,14
Mulatão de Moita	1,43
Rosinha São Paulo	1,25
Canário 101	1,30
73 VUL 4374-1	1,26
7336/71	1,13
Green Isle	1,39
Colina Caruarú	1,21
EF 1019	1,28
Var. 230	1,67
Fígado de Ganso	1,09
73 VUL 4024-1	1,09
Galo de Capina	1,52
IPEAL 70 MS R-02	1,16
Mulatinho A	1,10
Flor Branca no Cacho	1,31
CEW 643 California S. W. 643	1,01
A 901-54-1-2	1,12
Roxinho Precoce	1,16
Povilho	1,31
Rico	1,23
Jambú	1,08
Preto UP-235	1,16
Rosinha 1336	1,30
Esquisito	1,42
Bico de Ouro VP-169	1,33
65(B)9 Zamorana 5.273	1,16
Honduras 4	1,35
Tupi 6	1,36
Roxo 746	1,04
Roxo 733	1,23
Roxo 757	1,28

<u> Materiais</u>	<u> A</u>
CR 907	1,06
P 685	1,07

### 5.3 - Experimento com os materiais triados (Experimento 3)

O comportamento dos materiais testados neste experimento foi avaliado em termos de comprimento máximo de raiz, tão somente. Os resultados médios obtidos paderão ser visualizados na tabela 14. Nesta tabela observa-se que o material Bico de Ouro MT-MDT em 6 ppm de Al , pode ser considerado o melhor dos materiais testados, apresentando média de 13,44 cm para o comprimento máximo de raiz, o que corresponde a 70% da média verificada no controle (0 ppm de Al). Os materiais que vêm em seguida são: Jalo (68% em relação ao controle) , 3579 P 227 A GO (60%) , Rosinha 729 Sel 65/59 (57%) , Comp. Negro Chimaltenango (56%) , Pararazinho (52%) , N 257 S Rico MG ; padrão (51%) e finalmente, 26074 (50%) . A sequência em ordem decrescente, quanto à porcentagem em relação ao controle em 12 ppm de Al, foi a seguinte: 3579 P 227 A GO (41%) , Bico de Ouro MT-MDT (38%) , Jalo (38%) , Comp. Negro Chimaltenango (36%) , Rosinha 729 Sel 65/59 (35%) , N 257 S Rico MG (31%) , 26074 (28%) e Pararazinho (25%). Ainda em ordem decrescente, a sequência para 18 ppm de Al foi: 3579 P 227 A GO (33%) , Bico de Ouro MT-MDT (31%) , Jalo (31%) , Comp. Negro Chimaltenango (29%) , Rosinha 729 Sel. 65/59 (26%) , N 257 S Rico MG (26%) , Pararazinho (19%) e finalmente, 26074 (17%). Observa-se que ocorre um decréscimo bastante evidente no comprimento máximo de raiz, à medida que se aumenta a concentração de Al. Estes dados podem ser ratificado pelos da tabela 15, onde aparecem as porcentagens de decréscimo do comprimento máximo de raiz de cada experimento (6 , 12 e 18 ppm de Al) em relação ao zero (controle) para os oito materiais testados.

O desdobramento dos graus de liberdade da interação experimento/materiais encontra-se na tabela 16, onde também podem ser observados os quadrados médios (Q.M.), teste F dos desvios da componente linear e coeficientes de regressão linear (b) para o caráter comprimento máximo de raiz dos oito materiais estudados. Nesta tabela tem-se que o material Paranazinho, colocado quando da triagem no grupo dos tolerantes, apresenta agora, um coeficiente de regressão linear (b) maior que o do padrão. Isto sugere que, em função de diversos níveis de Al, seu comportamento é pior que o do padrão, ou seja, menos tolerante, embora em função apenas do nível 6 ppm de Al se comporte de maneira oposta. Por outro lado, observa-se que o material 26074 apresenta o maior coeficiente de regressão linear (b) de todos os materiais testados. Este comportamento já era esperado, pois este material era o menos tolerante dos testados neste experimento. Os coeficientes de regressão linear (b) dos demais materiais são menores que o do padrão. Tais materiais apresentam, portanto, comportamento compatível com a triagem anterior, onde eles foram incluídos no grupo dos tolerantes e considerados superiores ao padrão.

Em ordem decrescente de tolerância e crescente de seus coeficientes de regressão linear (b), os materiais testados apresentam-se do seguinte modo:

<u>Materiais</u>	<u>b</u>
3579 P 227 4 GO	0,7851
Comp. Negro CMaltenango	0,8865
Bico de Ouro MT-MDT	0,9153
Rosinha 729 Sel 65/59	0,9676
Jalo	1,0245
N 257 S Rico MG (Padrão)	1,0857
Paranazinho	1,1544
26074	1,1759



## 6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 6.1 - Obtenção de um cultivar e um nível de Al padrões (Experimento 1)

Comparando-se os dados das tabelas 1 e 2 observa-se que os da tabela 1 são mais convincentes e mostram mais claramente os efeitos deletérios do Al ao desenvolvimento do feijoeiro. Dentre as duas características de que trata a tabela 1, o comprimento máximo de raiz é o mais fortemente afetado pela presença do elemento. Estes dados, mostrando que o desenvolvimento radicular sofre grande depressão quando em presença de Al, principalmente quando o pH é conservado em torno de 4,0, são concordantes com os de CRUZ et alii (1967) e SALINAS e SANCHES (1975).

Na tabela 4, observa-se que a correlação entre o comprimento máximo de raiz versus peso de matéria seca de raiz foi significativa a nível de 2% de probabilidade, sendo que o comprimento máximo de raiz foi o que apresentou as maiores correlações, embora não significativas, com os demais caracteres, exceto com o peso de matéria seca da parte aérea. Em seguida, vê-se, na tabela 5, que o comprimento máximo de raiz é o que apresenta a maior correlação média dentre os caracteres estudados. Assim, como se observa em FLEMING e FOY (1968) e em LEITE

(1978), este caráter, também neste caso, pode ser considerado representativo para se estudar materiais de feijão em relação à sua tolerância ao Al, sendo que as discussões que se seguem serão baseadas nele.

Na tabela 6 aparece o coeficiente de regressão linear (b) calculado segundo EBERHART e RUSSEL (1966) sobre o qual, deve-se esclarecer, que se trata de um excelente instrumento selecionador, quando se pretende avaliar genótipos resistentes a certas condições ambientais adversas. Tem inclusive a vantagem bastante interessante de ter seu valor sempre em torno da unidade.

Ainda na tabela supra citada, pode-se analisar o comportamento dos diversos cultivares testados em função dos seus coeficientes de regressão linear (b) e do teste F para os desvios da componente linear. Observa-se que os cultivares Rosinha G<sub>2</sub> (1) e Porrillo Sintético B (7), por apresentarem para o teste F valores altamente significativos, provavelmente, não se comportem linearmente em função dos diversos níveis de Al estudados.

O cultivar Roxinho 734 (3), apresenta para o teste F o menor valor de todos os cultivares testados. Mostra assim, um comportamento linear bastante estável, ficando os dados de suas repetições bem próximos da sua reta média, considerando as condições do experimento. Este cultivar apresenta para coeficiente de regressão linear (b) o segundo menor valor, o que o coloca entre os dois cultivares mais tolerantes dos testados.

O cultivar N 257 S Rico MG (6) por apresentar para o coeficiente de regressão linear (b) o menor valor dentre os testados, indicando assim a sua condição de cultivar mais tolerante ao Al, pois sua reta média apresenta o menor ângulo de inclinação em função das concentrações de Al estudadas e, por apresentar o segundo menor valor para o teste F, mostrando grande estabilidade em torno de sua reta média, pode ser considerado, dos testados, o cultivar mais apto para atuar como padrão.

Vê-se, na tabela 6, que com relação ao coeficiente de regressão linear (b), os demais cultivares apresentam-se em uma posição secundária, quanto à sua tolerância e estabilidade. O cultivar 3 S. Cuva 168 N é, contudo, o menos tolerante de todos, para as condições do experimento em apreço, apresentando o maior valor para o coeficiente de regressão linear.

Com relação ainda à mesma tabela, ao se comparar os valores de coeficiente de regressão linear e teste F dos cultivares Porrillo Sintético A e Porrillo Sintético B, visando detectar-se a veracidade da uniformidade quanto à qualidade de amostras de sementes de um mesmo material de feijão provenientes de um mesmo local, sob as mesmas condições de produção e de idêntica época de colheita, quando submetidas às condições do experimento atual, pôde-se observar os seguintes aspectos:

- 1 - O Porrillo Sintético A apresenta menor valor para coeficiente de regressão linear que o B e, embora estes valores não estejam muito distantes, o Porrillo Sintético A pode ser considerado mais tolerante que o Porrillo Sintético B ;
- 2 - O Porrillo Sintético A apresenta valor não significativo para o teste F, enquanto o Porrillo Sintético B apresenta valor altamente significativo, indicando que este último além de não mostrar comportamento linear, por razões já comentadas, apresenta bastante instabilidade em relação à sua reta média.

Tudo leva a crer que embora estas amostras A e B do mesmo material Porrillo Sintético sejam originárias de um mesmo local, mesmas condições de produção e mesma época de colheita, constituem-se em dois materiais diferentes.

Pela tabela 6 pode-se ainda observar que os cultivares apresentam, segundo seus coeficientes de regressão linear, a seguinte sequência decrescente:

N 257 S Rico MG	(6)
Roxinho 734	(3)
Rosinha G <sub>2</sub>	(1)
Carioca	(2)
Porrillo Sintético A	(4)
Porrillo Sintético B	(7)
Costa Rica	(8)
S Cuva 168 N	(5)

Na tabela 7 observa-se que, embora o coeficiente de variação para tratamento ( $CV_t$ ) tenha uma tendência para decrescer, à medida que a concentração de Al aumenta, a concentração 6 ppm de Al apresenta um  $CV_t$  (%) igual a 12,84, o maior valor para o coeficiente em estudo. Isto mostra que a concentração 6 ppm de Al consegue diferenciar com maior intensidade que as demais concentrações estudadas os cultivares (tratamentos) com relação às suas tolerâncias ao Al. Por outro lado, esta concentração — 6 ppm de Al apresenta o menor valor para o coeficiente de variação do erro experimental ( $CV_e$ ), embora este apresente uma tendência crescente, à medida que aumenta a concentração de Al. A partir destes dois dados, pode-se concluir que a concentração 6 ppm deve ser considerada como padrão, podendo ser utilizada em triagens com materiais de feijão. Este valor é bem aproximado ao obtido por RUSCHEL et alii (1968) que observaram que a partir de 7 ppm de Al já se pode obter diferenças significativas entre cultivares da cultura estudada. NOGUEIRA (1979) considerou 12 ppm de Al como nível crítico para seleção de cultivares de sorgo.

### 6.1.1 - Análises químicas

A tabela 8 mostra a variação relativa no teor dos diversos elementos analisados, quando em presença de concentrações crescentes de Al, considerando o controle igual a 100. Observa-se que, para a raiz, o teor de P, de Mg e de Al, aumenta quando cresce a concentração

de Al ; sendo que o teor de K e Ca tem comportamento oposto. Para a parte aérea, à medida que aumenta a concentração de Al, o teor de P , K , Ca e Mg decresce, sendo que o teor de Al aumenta. Comparando a intensidade dos elementos nas raízes, pode-se acrescentar que os que aparecem em maior quantidade são respectivamente: Al , P , K , Ca e Mg. Sendo que, para a parte aérea, a sequência é a mesma.

Na tabela 9 podemos fazer as seguintes considerações:

- Fósforo:

A concentração de fósforo das raízes dos cultivares mais tolerantes ou de menores coeficientes de regressão linear (observar a sequência de tolerância ao Al descrita anteriormente), ou seja, N 257 S Rico MG (6) e Roxinho 734 (3) , sofre um aumento bem menos intenso que a dos cultivares menos tolerantes. De fato, S Cuva 168 N (5) , Costa Rica (8) e Carioca (2) apresentam grande incremento na concentração de P de suas raízes. Os dados relativos à concentração de P na parte aérea não parecem conclusivos.

- Potássio:

A tendência da concentração de K das raízes dos cultivares tolerantes (6 e 3) é sofrer uma certa depressão em relação à testemunha, ou seja: a concentração de K das raízes dos cultivares tolerantes sob o nível 6 ppm de Al é menor do que na testemunha , 0 ppm. Com os demais cultivares ocorre o oposto ; há portanto, um incremento na concentração de K das raízes dos cultivares menos tolerantes, sendo que o S Cuva 168 N (6) , o menos tolerante, apresenta o maior incremento de todos. Com relação à parte aérea os dados não parecem conclusivos.

- Cálcio:

Os dados apresentados para este elemento não são conclusivos para serem discutidos, tanto para raiz como para parte aérea. Isto porque eles parecem variar incoerentemente à medida que aumenta a concentração de Al.

### Magnésio:

A mesma consideração tem de ser feita para o magnésio que também não mostra dados conclusivos, quando sob 6 ppm de Al.

### Alumínio:

O incremento observado na concentração de Al das raízes das cultivares tolerantes (6 e 3), sob o nível 6 ppm de Al, é bem menor (4 - 5 vezes menos) que o incremento observado dos cultivares não tolerantes. De modo geral, os cultivares não tolerantes apresentam um grande aumento na concentração de Al de suas raízes, em função do nível 6 ppm de Al. Um aspecto interessante e que talvez explique o comportamento observado é que a concentração de Al das raízes dos cultivares tolerantes é relativamente bem alta no controle (0 ppm de Al). Isto indica que estes materiais talvez tenham se originado de locais onde a concentração de Al nos solos é alta (GOODLAND, 1971) e MALAVOLTA et alii (1976), e, por outro lado, tenham adquirido através de processo evolutivo a capacidade de armazená-lo e, ou concentrá-lo em suas sementes.

Todas as considerações aqui observadas podem ser melhor visualizadas na tabela 10. Ao se considerar o nível 6 ppm de Al em relação ao zero ppm de Al, vê-se que as correlações são positivas e significativas para  $b \times \Delta P\%$ ,  $b \times \Delta K\%$  e  $b \times \Delta Al\%$ . Isto indica que quanto maior o coeficiente de regressão linear (b) ou quanto menos tolerante o cultivar, maior é o aumento da concentração relativa de P, K e Al das raízes daqueles cultivares.

## 6.2 - Triagem de materiais de feijão (Experimento 2)

As tabelas 11, 12 e 13 apresentam os resultados dos materiais testados nos três ensaios que constituíram a triagem. Estes materiais foram, através da relação A, reunidos em grupos de tolerância relativa ao Al, os quais foram observados no subitem 5.2.

No grupo I , dos tolerantes, cuja relação  $A < 0,78$  , foram inseridos apenas 13 materiais ; no grupo II , dos materiais medianamente tolerantes, cuja relação  $A$  está dentro do intervalo  $0,78 \leq A \leq 1,0$ , foram relacionados um total de 57 materiais; e , finalmente, no grupo III referente aos materiais que apresentaram  $A \geq 1,00$  , ou de baixa tolerância foram incluídos 158 materiais dos 228 testados.

Observa-se que, como em outras triagens, à semelhança da que NOGUEIRA (1979) realizou com sorgo, uma grande quantidade de materiais (158), a maior parte dos testados, foram considerados de baixa tolerância ; um número bem menor (57) foi selecionado como medianamente tolerante e um número bastante restrito (13) foi selecionado como tolerante.

O fato de que a maioria dos materiais são não tolerantes torna-se muito importante quando se considera que em muitos cruzamentos, usam-se materiais de que nada se conhece em relação à sua reação ao Al, acarretando muitos prejuízos, tais como a perda de bons materiais.

### 6.3 - Experimento com os materiais triados (Experimento 3)

Nas tabelas 14 , 15 e 16 observa-se que os materiais (Rosinha 729 Sel 65/59 , Comp. Negro Chimaltenango , Jalo , Bico de Ouro MT-MDT e 3579 P 227 A GO) que foram selecionados na triagem anterior como tolerantes, neste experimento, comportaram-se como tal, ou seja, melhores que o padrão (N 257 S Rico MG) em todos os níveis a que foram submetidos (ver Tabelas 14 e 16). Entretanto, o material Paranazinho, que havia sido selecionado como tolerante, comportou-se como tal apenas no nível 6 ppm de Al ; nos demais níveis (12 e 18 ppm) seu comportamento tendeu a ser pior que o do padrão. Por outro lado, o material 26074 , previamente considerado material de baixa tolerância ao Al, confirmou o previsto e em todos os níveis demonstrou-se pior que o padrão.

Na tabela 15 observa-se que os materiais (Rosinha 729 Sel 65/58 , Comp. Negro Chimaltenango , Jalo , Bico de Ouro MT-MDT e 3579 P 227 A 60) já considerados e que se comportaram de forma esperada segundo a triagem realizada, apresentaram os menores coeficientes de regressão linear, reconfirmando os dados acima. Este mesmo coeficiente foi maior que o do padrão para os materiais Paranazinho e 26074.

Estes dados sugerem que o método pode ser usado para selecionar materiais tolerantes ao Al, embora possa eventualmente, como aconteceu aqui, considerar como tolerantes materiais que não possuam esta característica no seu todo, em função de várias concentrações de Al. Sabemos, no entanto, que o nível 6 ppm de Al é, dos testados, o que mais se aproxima das concentrações normais nos solos onde ele aparece como elemento problema. Ademais o método traz as vantagens de se poder em um período curto (8 dias) de cultivo, trabalhar-se um grande número de materiais (76) e dentre eles separar-se os mais tolerantes ao Al. Além disso, na triagem feita anteriormente, onde não se usou repetição, mesmo que algum material tolerante possa ter escapado, um bom número de materiais foram selecionados.



## 7 - CONCLUSÕES

Os dados obtidos nas condições experimentais presentes, inferem as seguintes conclusões:

- 1 - É possível selecionar-se materiais de feijão tolerantes ao Al, obtendo-se diferenças altamente significativas, usando-se um período de cultivo em solução nutritiva de apenas oito dias.
- 2 - O método, utilizando dois níveis de Al (0 e 6 ppm), um cultivar padrão (N 257 S Rico MG), pH constante e em torno de 4,0 e período de cultivo de oito dias, mostrou-se bastante promissor pela facilidade e rapidez na obtenção dos resultados e pela precisão dos dados obtidos. Além do mais, este é um método não destrutivo, pois permite o transplante das plântulas que apresentam menor decréscimo no comprimento da raiz.
- 3 - O nível 6 ppm de Al mostrou-se um bom parâmetro de seleção, assim como o cultivar N 257 S Rico MG, embora novos experimentos devam ser realizados e novos cultivares padrões devam ser eleitos, no sentido de se melhorar cada vez mais este paradigma.
- 4 - O comprimento máximo de raiz foi considerado o caráter que maior correlação apresentou com o Al.

- 5 - A maioria dos materiais ~~triados~~ foi classificada como não tolerante ao Al evidenciando os cuidados que os melhoristas devem ter quando realizam seus programas de melhoramento através de cruzamentos
  
- 6 - Os cultivares mais tolerantes parecem apresentar um aumento relativo menor em P , K e Al das suas raízes que os menos tolerantes, em função de concentrações crescentes de Al.

## 8 - SUMMARY

Three experiments were performed with the objective of establishing a practical and rapid methodology for use in trials for Al tolerance of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in nutrient solution.

In the first experiment, the specific objective was to select one cultivar and one level of Al for use as a standard in the subsequent experiments. Eight cultivars of beans were grown in nutrient solution, at 4 concentrations of Al (0, 6, 12 and 18 ppm) and at pH 4,0-4,2 adjusted daily in a growth chamber, for a period of 8 days. The treatments in each concentration of Al were arranged in a randomized block design. The character which showed greatest correlation with Al concentration was the length of the longest root. The cultivar selected was N 256 S Rico MG and the level of Al was 6 ppm

In the second experiment the specific objective was to compare the tolerances to aluminium of a larger number of bean samples. A total of 228 materials was grown in nutrient solution at two Al concentrations (0 and 6 ppm) and pH 4,0 - 4,2 adjusted daily in the growth chamber, for a period of 8 days. Five plants of each material were grown in each concentration of aluminium. Relative values of Al tolerance (A) were calculated for each material from the equation  $A = B/C$  where B = % of decrease of the length of the longest root of the material

at 6 ppm of Al in relation to zero and  $C = \%$  of decrease of the length of the longest root of the standard cultivar at 6 ppm of Al in relation to zero. By use of this relationship the samples could be separated into 3 groups with respect to Al tolerance.

In the third experiment 6 materials tolerant one material with low tolerance and the standard, were compared under the wider range of conditions as employed in first experiment, with the objective of observing the behaviour of these materials at higher Al concentrations. This experiment demonstrated the suitability of selecting bean cultivars or lines tolerant to Al by use of a growth period of 8 days, concentrations of Al of zero and 6 ppm and a standard cultivar (N 257 S Rico MG).

The materials which were more tolerant to Al showed an increase in the P, K and Al contents of their roots under the higher Al concentrations employed by comparison with the materials of low tolerance.

## 9. LITERATURA CITADA

- ABRUNÃ, F.R., W. PEARSON e C.B. ELKINS. 1958. Quantitative evaluation soil reaction and base status changes resulting field application of residually acid-forming nitrogen fertilizer. *Soil Sci. Amer. Proc.*, Madison, 22: 53-542.
- ADAMS, F. e Z.F. LUND, 1966. Effects of chemical activity of soil solution aluminium on cotton root penetration of acid subsoils. *Soil Sci.*, Baltimore, 101(3): 193-198.
- ANDREW, C.S., A.D. JOHNSON e R.L. SANDLAND, 1973. Effects of aluminium on the growth and chemical composition of some tropical and temperature pasture legumes. *Aust. J. Agric. Res.*, 24: 325-339.
- ANDREWS, C.S. 1978. Legumes and acid soils. In: *Basic Life Sciences*, Vol. 10. A. HOLLANDER, Ed. Geral. Limitations and Potentials for Biological Nitrogen Fixation in the Tropics. J. DOBEREINER, coord. New York, p. 135-160.
- BARKER, A.V., R.J. VOLK e W.A. JACKSON, 1966. Root environment acidity as a regulatory factor in ammonium assimilation by the bean plant. *Plant Phys.*, Washington, 41(7): 1193-1199.
- CATANI, R.A. e O. ALONSO, 1969. Extração do alumínio trocável e pH do solo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 24: 141-156.
- CLARKSON, O.T., 1966. Effect of aluminium on uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. *Plant Physiol.*, Washington, 41: 165-172.

- CRUZ, A.D., H.P. HAAG, J.R. SARRUGE e E. MALAVOLTA, 1967. Interação entre alumínio e fósforo em duas variedades de trigo (*T. vulgaris* L.). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24: 119-129.
- EBERHART, S.A. e W.A. RUSSELL, 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci., Madison, 6(1): 36-40.
- EDWARDS, T.H., B.D. HORTON e H.C. KIRPATRICK, 1976. Aluminium toxicity symptoms in peach seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci., Byron, 101(2): 193-142.
- EVANS, C.E. e KAMPRATH, E.J., 1970. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al and Organic matter content. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 34(6): 893-896.
- FLEMING, A.L. e C.D. FOY, 1968. Root structure reflects differential aluminium tolerance in wheat varieties. Agron. J., Madison, 60: 172-176.
- FOY, C.D. 1974. Effects of aluminium on plant growth. In: The Plant Root and Its Environment. Charlottesville, Virginia, USA. Ed. by E.S. CARSON, Virginia Polytechnic Institute and State University. 691 pag.
- FOY, C.D. e J.C. BROWN, 1963. Toxic factors in acid soils: I. characterization of aluminum toxicity in cotton. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 27: 403-407.
- FOY, C.D., W.H. ARMINGER, L.W. BRIGGLE e D.A. REID, 1965. Differential aluminium tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. Agron. J., Madison, 57(5): 413-417.
- FOY, C.D., G.R. BURNS e W.H. ARMINGER, 1967. Characterization of differential aluminium tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 31: 513-521.
- FOY, C.D., A.L. FLEMING e G.C. GARLOFF, 1972. Differential aluminium tolerance in two snapbean varieties. Agron. J., Madison, 64(6): 815-818.
- FOY, C.D., R.G. ORRELANA, J.W. SCHWARTZ e A.L. FLEMING, 1974. Response of synflower genotypes to aluminizing in acid soil and nutrient solution, Agron. J., Madison, 66: 293-296.

- GOODLAND, R. 1971. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: III Simpósio Sobre o Cerrado, M.G. FERRI, coord. São Paulo, USP/Edgard Blücher p. 44-60.
- HENORIX, J.E. 1967. The effects of pH on the uptake and accumulation of P and S ions by beans plants. Am. J. Bol. 54(5): 560-564.
- HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON. 1950. The water - culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Expt. Sta. (Circ. 347).
- HSU, P.H. 1965. Fixation of phosphate by aluminium and iron in acid soils. Soil Sci., Baltimore, 99: 398-402.
- JONES, L.H. 1961. Aluminium uptake and toxicity in plants. Plant and Soil. The Bagne, 13: 297-310.
- JORGENSEN, S.S. 1977. Guia Analítico; Metodologia utilizada para análises químicas de rotina. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 23 p. (Mimeografado).
- KERRIDGE, P.C., M.D. DAWSON e D.P. MOORE. 1971. Separation degrees of aluminium tolerance in wheat. Agron. J., Madison, 63: 586-591.
- LANCE, J.C. e R.W. PEARSON. 1969. Effects of low concentration of aluminium on growth and water and nutrient uptake by cotton roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 33: 95-98.
- LEITE, J.C. 1978. Utilização de Solução Nutritiva como Técnica para a Seleção de Variedades de Trigo Tolerantes ao Alumínio. Dissertação de Mestrado. ESALQ-USP. Piracicaba 68 p.
- LIEBIG, G.F. Jr., A.P. VANSELOW e H.O. CHAPMAN. 1942. Effects of aluminium on copper toxicity, as revealed by solution culture and spectrographic studies of citrus. Soil Sci., Baltimore, 53: 341-351.
- LUNIA, J., M.H. GALLATIN e A.R. BATCHELDER. 1961. Effects of saline water on the growth and chemical composition of beans. II. Influence of soil acidity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 25(4): 372-376.

- MACLEOD, L.B. e L.P. JACKSON, 1965. Effect of concentration of the Al ion on root development and establishment of legume seedlings. *Can. J. Soil Sci.*, Otawa, 45: 221-234.
- MACLEOD, L.B. e L.P. JACKSON, 1967. Aluminium tolerance of two barley varieties in nutrient solutions, peat and soil culture. *Agron. J.*, Madison, 54: 359-36.
- MAGISTAD, O.C., 1925. The aluminium content of the soils solution and its relation to soil reaction and plant growth. *Soil. Sci.*, Baltimore, 20: 181-225.
- MALAVOLTA, E. 1975. Práticas de Nutrição Mineral de Plantas. Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. Apostila mimeografada. 65 p.
- MALAVOLTA, E., H.P. HAAG, F.A.F. MELLO e M.O.C. BRASIL SOBR<sup>o</sup>, 1974. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas. Ed. Pioneira, São Paulo, 727 pag.
- MALAVOLTA, E., J.R. SARRYGE e V.C. BITTENCOURT, 1977. Toxidez de alumínio e de manganês. In: IV Simpósio sobre o Cerrado, Coord. M.G. FERRI. Belo Horizonte, USP/Itatiaias. p. 375-381.
- MCLEAN, F.T. e B.E. GILBERT, 1927. The relative aluminium tolerance of crop plants. *Soil Sci.*, Baltimore, 24: 163-175.
- MIRANDA, L.N. e E. LOBATO, 1978. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao Al e à baixa disponibilidade de P no solo. *Rev. Bras. Cien. do Solo*, 24: 44-50.
- MOORE, D.P., 1974. Physiological effects of pH on roots. In: *The Plant Root and Its Environment*. Charlottesville. Un. Press. of Virginia, USP. p. 135-151.
- MUNNS, D.N. 1965. Soil acidity and growth of a legume. II. Reaction of aluminium and phosphate in solution and effects of aluminium, phosphate calcium and pH on *Medicago sativa* L. and *Trifolium subterraneum* L. in solution culture. *Aust. J. Agric. Res.*, Victoria, 16: 743-755.



- MUZILLI, O. e R.E. KALCKMANN, 1971. Análise de assistência: interpretação de resultados e determinação de níveis críticos. II - Determinação de níveis críticos de acidez. Boletim Un. Fed. Paraná. Agronomia, Curitiba, vol. 1, 18 p.
- MUZILLI, O., D. SANTOS, J.B. PALHANO, J. MANETTI F<sup>o</sup>, A.F. LANTMANN, A. GARCIA e A. CATTANEO, 1978. Tolerância de cultivares de soja e trigo à acidez do solo, R. Bras. Ci. Solo, 2: 34-70.
- NAIDOO, G., J. McD. STEWART e R.J. LEWIS. 1978. Accumulation site of aluminium in snapbean and cotton roots. Agron. J., Madison, 27: 489-492.
- NOGUEIRA, F.D., 1979. Efeitos do Alumínio no Sorgo Granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tese apresentada para a ESALQ/USP, Piracicaba, para a obtenção do título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, SP.
- PEARSON, R.W. e F. ADAMS. 1967. Soil acidity and liming. Madison, Amer. Soc. of Agron., 274 pag.
- PRATT, F.P., 1966. Aluminium. in: Diagnose Criteria for Plant and Soils. University of California, CHAPMAN, H.D. USA. 761 pag.
- RAGLAND, J.L. e N.T.C. COLEMAN. 1962. Influence of aluminium on phosphorus uptake by snapbean roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 26: 88-90.
- REID, D. A., A.L. FLEMING e C.D. FOY, 1971. A method for determining aluminium response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al - toxic soil. Agron. J., Madison, 63: 600-603.
- REIS, B.F., H. BERGAMIN F<sup>o</sup>, E.A.G. ZAGATTO e F.J. KRUG. 1979. Merging zones in flow injection analysis. Part. III. Spectrophotometric determination of aluminium in plant and soil material with sequential addition of pulsed reagents. Anal. Chim. Acta., 104 (1979): 279-284.

- RIOS, M.A. e R.W. PEARSON, 1964. Some chemical factors in cotton root development. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 28: 232-235.
- RORISON, I.H., 1958. The effects of aluminium on legume nutrition. In: *Nutrition of the legumes*. E.G. HALLSWORTH. Ed. Butterworths, London.
- RUSCHEL, A.P., R. ALVAHYDO e I.B.M. SAMPAIO, 1968. Influência do excesso de Al no Feijão (*P. vulgaris* L.) cultivado em solução nutritiva. *Pesq. Agrop. Bras.* 3(2): 229-233.
- RUZICKA, J. e J.W.B. STEWART, 1975. Flow injection analysis. Part II. Ultra fast determination of phosphorus in plant material by continuous flow spectrophotometry. *Anal. Chim. Acta.*, 29: 79-91.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. *Análises Químicas em Plantas*. ESALQ/USP. Piracicaba, 56 p.
- SKEEN, J.R., 1929. The tolerance limit of seedlings for Al and Fe and the antagonism of calcium. *Soil Sci.*, Baltimore, 27: 69-80.
- VIEIRA, C., A. BUSS, B.C.L. de CARVALHO, O. BRANDES, F.F. DUQUE, F.J.P. ZIMMERMANN, G. BALOANZI, J.G.C. COSTA, L.D. ALMEIDA, N.T. PONTE, R.J. GUAZELLI e S. MIYASAKA, 1972. Variedade, Melhoramento e genética do feijoeiro. In: *Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão*. Un. Fed. Viçosa. Imprensa Universitária, Vol. I, 280 pag.
- VOSE, P.B. e P.J. RANDAL, 1962. Resistance to aluminium and manganese toxicities in plant related to variety and cation exchange capacity. *Nature*, London, 196(4849): 8586.
- WRIGHT, K.E., 1943. The internal precipitation of phosphorus in relation to aluminium toxicity. *Plant Phys.*, Washington, 18: 708-712
- WRIGHT, K. E. e B.A. DONAHUE, 1953. Aluminium toxicity studies with radioactive phosphorus. *Plant Phys.*, Washington, 28: 674-680.
- WUTKE, A.C.P., 1972. Acidez. In: *Elementos de Pedologia*. A.C. MONIZ, coord., São Paulo, USP/Pentágono, p. 149-168.

ZAGATTO, E.A.G.; F.J. KRUG; H. BERGAMIN F<sup>o</sup>; S.S. JØRGENSEN e B.F. REIS.  
1979. Merzing-zones in flow injection analysis. Part II.  
Determination of calcium, magnesium and potassium in plant material  
by continuous flow injection atomic absorption and flame emission  
spectrometry. An. Chim. Acta. 104(1979) 279-284.

10 - APÉNDICE

TABELA 1 - Dados médios e valores % (0 ppm considerado igual a 100) relativos à cinco repetições e aos caracteres comprimento máximo de raiz e peso de matéria seca de raiz, de oito cultivares de feijão desenvolvidos em solução nutritiva sob 0, 6, 12 e 18 ppm de Al e pH 4,0 - 4,2, após oito dias de cultivo em câmara de crescimento. Piracicaba, SP. 1978

Cultivar	Média do comprimento máximo da raiz (cm)							
	0	%	6	%	12	%	18	%
Rosinha G <sub>2</sub> 1	23,88	100	19,74	82	9,85	41	6,45	27
Carioca 2	24,76	100	16,66	67	8,79	35	5,71	23
Roxinho 734 3	21,17	100	14,35	68	7,88	37	5,76	27
P. sintético (A) 4	25,22	100	13,72	54	7,62	30	5,23	21
S Cuva 168 N 5	27,45	100	14,72	54	7,30	26	4,60	17
N 257 S Rico MG 6	20,75	100	14,50	70	8,55	41	5,87	28
P. sintético (B) 7	26,59	100	13,54	51	7,66	29	5,08	19
Costa Rica 8	26,90	100	15,36	57	7,73	29	5,40	20

continua ...

TABELA 1 - Continuação

Cultivar	Média do peso de matéria seca da raiz (mg)							
	0	%	6	%	12	%	18	%
Rosinha G <sub>2</sub> 1	67,28	100	66,08	98	43,60	65	42,84	64
Carioca 2	71,32	100	66,28	93	43,68	61	38,32	54
Roxinho 734 3	60,88	100	56,97	93	43,48	71	42,92	70
P. sintético (A) 4	57,28	100	52,38	91	39,56	69	36,80	64
S Cuva 168 N 5	63,12	100	54,68	87	33,88	54	30,12	48
N 257 S Rico MG 6	42,60	100	37,24	87	32,23	76	31,23	73
P. sintético (B) 7	67,43	100	53,32	79	39,64	59	33,48	50
Costa Rica 8	71,68	100	47,02	65	33,96	47	33,15	46

TABELA 2 - Dados médios relativos à cinco repetições e aos caracteres comprimento de parte aérea e peso de matéria seca da parte aérea, de oito cultivares desenvolvidos em solução nutritiva sob 0, 6, 12 e 18 ppm de Al, pH 4,0 - 4,2 e após oito dias de cultivo em câmara de crescimento. Piracicaba, SP, 1978

Cultivar	Média do comprimento da parte aérea (cm)							
	0	%	6	%	12	%	18	%
Rosinha G <sub>2</sub> 1	13,55	100	11,06	82	12,34	91	7,61	56
Carioca 2	15,78	100	11,56	73	13,28	84	8,65	55
Roxinho 828 3	12,21	100	9,60	79	10,37	85	7,50	61
P. Sintético (A) 4	16,86	100	12,28	73	12,12	72	9,11	54
S Cuva 168 N 5	21,02	100	14,92	71	14,43	69	10,75	51
N 257 S Rico MG 6	15,61	100	12,70	81	13,13	84	9,28	59
P. Sintético (B) 7	15,82	100	12,22	77	12,22	77	9,14	58
Costa Rica 8	16,60	100	12,77	77	13,10	79	9,33	56

continua ...

TABELA 2 - Continuação

	Média do peso de matéria seca da parte aérea (mg)							
	0	%	6	%	12	%	18	%
Rosinha G <sub>2</sub> 1	148,14	100	126,16	85	134,28	91	138,36	93
Carioca 2	156,96	100	132,42	84	143,48	91	124,40	79
Roxinho 828 3	123,28	100	118,20	96	111,52	90	105,76	86
P. Sintético (A) 4	152,06	100	123,49	81	128,76	85	126,92	84
S Cuva 168 N 5	157,60	100	134,80	85	134,66	85	125,68	80
N 257 S Rico MG 6	96,96	100	96,20	99	103,56	107	103,32	106
P. Sintético (B) 7	153,99	100	115,12	75	127,72	83	116,84	76
Costa Rica 8	159,20	100	101,36	64	120,80	76	130,41	82



TABELA 3 - Quadrados médios de análise de variância conjunta, referentes à todos os caracteres estudados dos experimentos em blocos ao acaso. Piracicaba, SP. 1978

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado Médio			
		Comprimento Máximo da raiz	Comprimento da Parte aérea	Peso da ma- teria seca da raiz	Peso da ma- teria seca da parte aérea
R/E	16	2,1840	7,5511	52,5651	211,9538
E	3	2.912,4795	329,1938	6.410,6889	4.716,8362
C	7	15,6048	47,0744	761,0123	3.382,7281
C x E	21	14,0848	3,5038	128,3279	465,8650
Erro médio	112	1,7138	1,1706	24.4138	134,9789

- R/E = repetição dentro de experimento  
 E = experimento (nível de concentração de Al)  
 C = cultivares  
 C x E = interação cultivar versus experimento

TABELA 4 - Estimativa da correlação  $r$  entre os caracteres comprimento máximo da raiz (cm), comprimento da parte aérea (cm), peso da matéria seca da raiz (mg) e peso da matéria seca da parte aérea (mg), considerados dois a dois. Piracicaba, SP. 1978

Tipo de correlação	Estimativa da correlação (r)
Comprimento máximo de raiz x comprimento da parte aérea	0,6886 n.s.
Comprimento máximo de raiz x peso da matéria seca da raiz	0,9820 +
Comprimento máximo de raiz x peso de matéria seca da parte aérea	0,7185 n.s.
Comprimento da parte aérea x peso de matéria seca da raiz	0,8200 n.s.
Comprimento da parte aérea x peso de matéria seca da parte aérea	0,7580 n.s.
Peso da matéria seca da raiz x peso de matéria seca da parte aérea	0,5786 n.s.

(+) Significativo a 2% de probabilidade

(n.s.) Não significativo

TABELA 5 - Valores médios da estimativa da correlação  $r$  entre os caracteres comprimento máximo de raiz (cm) , comprimento da parte aérea (cm) , peso da matéria seca da raiz (mg) e peso da matéria seca da parte aérea (mg) consideradas dois a dois. Pi racicaba, SP. 1978.

Caracteres	$\bar{r}$
Comprimento máximo da raiz	0,8631
Comprimento da parte aérea	0,8222
Peso da matéria seca da raiz	0,7935
Peso da matéria seca da parte aérea	0,6857

TABELA 6 - Desdobramento dos graus de liberdade da interação experimento/cultivares, contendo quadrados médios, teste F e coeficientes de regressão linear do desvio das componentes lineares referente ao caracter comprimento máximo de raiz. Piracicaba, SP, 1978

Exp. /Cult.	G. L.	Q. M.	F	b
1	3			
Linear	1	6,2974	18,3758 **	0,9286
Desvios	2			
2	3			
Linear	1	0,4426	1,2915 ns.	0,9986
Desvios	2			
3	3			
Linear	1	0,1663	0,4853 ns.	0,8143
Desvios	2			
4	3			
Linear	1	1,0796	3,1503 ns.	1,0416
Desvios	2			
5	3			
Linear	1	0,8870	2,5909 ns.	1,1951
Desvios	2			
6	3			
Linear	1	0,3439	1,0035 ns	0,7741
Desvios	2			
7	3			
Linear	1	2,3147	6,7543 **	1,1143
Desvios	2			
8	3			
Linear	1	0,4314	1,2588 ns.	1,1333
Desvios	2			
Resíduo	112	0,3427		

ns. = não significativo

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 7 - Coeficiente de variação entre os tratamentos nas concentrações 0 , 6 , 12 e 18 ppm de Al, referentes aos dados de caráter comprimento máximo de raiz. Piracicaba, SP. 1978.

Parâmetro	Concentração de Alumínio (ppm)			
	0	6	12	18
$\sigma_t^2$	5,5958	3,8744	0,5577	0,1989
CV <sub>t</sub> (%)	9,62	12,84	9,13	8,08
CV <sub>e</sub> (%)	8,33	7,54	10,55	13,79
$\bar{m}$	24,5933	15,3275	8,1768	5,5165

TABELA 8 - Resultados da análise dos elementos P, K, Ca, Mg e Al da raiz e parte aérea de oito cultivares de feijão, em níveis crescentes de Al (6, 12 e 18 ppm), em relação ao controle (0 ppm de Al) considerado como 100%

	P			K			Ca			Mg			Al		
	6	12	18	6	12	18	6	12	18	6	12	18	6	12	18
1 Raiz	147	159	183	100	67	52	28	23	11	27	38	29	1.302	1.229	1.329
P. aérea	80	83	88	96	68	57	55	35	13	90	75	89	690	1.045	2.515
2 Raiz	169	227	215	138	103	74	33	26	12	30	46	33	1.278	1.558	1.337
P. aérea	90	83	96	97	64	56	55	33	11	93	73	85	590	1.120	3.085
3 Raiz	118	142	146	81	61	45	35	29	14	29	37	38	372	353	438
P. aérea	114	104	102	87	67	60	60	43	19	86	76	96	620	915	1.670
4 Raiz	145	171	163	115	86	62	40	33	15	21	26	22	1.286	1.225	1.460
P. aérea	105	100	116	93	69	57	45	29	10	76	66	72	610	1.165	2.215
5 Raiz	164	190	179	130	84	59	50	31	17	23	27	21	909	885	1.224
P. aérea	96	99	111	90	62	53	49	29	13	84	65	77	1.043	1.390	2.985
6 Raiz	131	108	138	92	53	45	49	32	15	52	78	50	401	428	426
P. aérea	96	87	101	89	64	56	50	32	12	87	74	84	815	1.625	2.675
7 Raiz	144	153	189	112	69	60	42	31	15	24	25	27	1.186	1.173	1.360
P. aérea	96	90	108	95	69	54	48	28	10	80	65	74	580	1.390	2.000
8 Raiz	151	144	200	101	66	58	51	29	17	33	30	30	1.267	1.174	1.391
P. aérea	91	91	112	83	71	60	45	31	12	77	69	88	400	1.070	2.735

TABELA 9 - Variação da % de P ( $\Delta P\%$ ), K ( $\Delta K\%$ ), Ca ( $\Delta Ca\%$ ), Mg ( $\Delta Mg\%$ ) e Al ( $\Delta Al\%$ ) da raiz e parte aérea, do nível 6 ppm de Al em relação ao zero (considerado igual a 100), para oito cultivares de feijão

Cultivar	$\Delta P\%$		$\Delta K\%$		$\Delta Ca\%$		$\Delta Mg\%$		$\Delta Al\%$	
	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea
1	47,29	-19,99	0,20	-3,93	-71,78	-44,53	-72,18	-9,02	1.202	540
2	69,23	-9,27	38,76	-2,88	-66,20	-44,19	-69,63	-6,84	1.178	490
3	18,68	14,53	-18,06	-12,48	-64,82	-39,33	-70,24	-13,79	272	520
4	45,53	5,96	15,10	-6,75	-59,11	-54,82	-78,78	-23,76	1.186	510
5	64,51	-3,60	30,04	-9,82	-49,06	-50,16	-76,61	-15,60	809	943
6	31,25	-3,20	-7,92	-10,51	-50,26	-49,26	-47,15	-12,27	301	715
7	44,73	-3,22	12,62	-4,73	-57,38	-51,50	-75,08	-20,00	1.086	480
8	51,47	-8,86	1,45	-16,90	-49,46	-54,89	-66,89	-22,39	1.167	300

TABELA 10 - Correlação entre os coeficientes de regressão linear (b) referente ao caracter comprimento máximo de raiz para cada cultivar estudado e a variação em porcentagem dos teores dos elementos (P , K , Ca , Mg e Al) da raiz e parte aérea, do nível 6 em relação ao zero. Piracicaba, SP. 1978.

b x $\Delta$ M% <sup>+</sup>	Correlações $r$	
	Raiz	Parte aérea
b x $\Delta$ P%	0,7148 ++	- 0,2301
b x $\Delta$ K%	0,6519 +	- 0,0053
b x $\Delta$ Ca%	0,3841 n.s.	- 0,6182
b x $\Delta$ Mg%	0,4919 n.s.	- 0,5084
b x $\Delta$ Al%	0,6611 +	- 0,0041

+ : significativo ao nível de 10% de probabilidade

++ : significativo ao nível de 5% de probabilidade

n.s. : não significativo



TABELA 11 - Porcentagem de decréscimo, para o comprimento máximo da raiz, do nível 6 ppm de Al em relação ao zero (B) e relação A, para os 76 materiais testados no 1º ensaio da triagem. Sendo que  $A = B/C$  onde  $B = \% \text{ de decréscimo do comprimento máximo da raiz do nível 6 em relação ao zero para um dado material}$  e  $C = \% \text{ de decréscimo do comprimento máximo de raiz do nível 6 em relação ao zero para o padrão. Piracicaba, 1979}$

Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A
1	34,65	0,77	20	57,23	1,14	39	40,96	1,12	58	44,81	1,00
2	44,50	0,99	21	55,04	1,23	40	48,33	1,08	59	37,16	0,83
3	57,22	1,28	22	51,12	1,14	41	36,05	0,80	60	49,97	1,12
4	39,86	0,89	23	57,08	1,28	42	39,91	0,89	61	46,54	1,04
5	52,11	1,16	20	58,42	1,31	43	40,58	0,91	62	38,80	0,87
6	49,32	1,10	25	49,54	1,11	44	46,28	1,03	63	32,40	0,81
7	58,23	1,30	26	53,65	1,20	45	45,52	1,02	64	53,97	1,21
8	53,03	1,18	27	56,89	1,27	46	54,43	1,23	65	31,79	0,71
9	55,77	1,25	28	44,86	1,00	47	86,54	1,94	66	46,01	1,03
10	54,72	1,22	29	48,48	1,08	48	44,45	0,99	61	38,89	0,87
11	54,08	1,21	30	53,28	1,19	46	39,34	0,88	68	54,22	1,21
12	53,90	1,20	31	52,27	1,17	50	39,16	0,87	69	36,27	0,81
13	52,17	1,16	32	58,01	1,30	55	44,60	1,00	70	40,99	0,91
14	51,83	1,16	23	52,94	1,18	52	41,88	0,93	71	49,66	1,11
15	63,02	1,41	34	58,87	1,32	53	37,11	0,83	72	47,60	1,06
16	56,76	1,27	35	55,60	1,24	54	38,68	0,86	73	42,26	0,94
17	52,13	1,16	36	61,93	1,38	55	53,05	1,18	74	42,77	0,95
18	56,74	1,27	37	54,86	1,23	56	50,79	1,14	75	29,21	0,65
19	59,61	1,33	38	49,87	1,11	57	42,27	0,94	76	50,39	1,13
									P	44,59	

P = Cultivar padrão

TABELA 12 - Porcentagem de decréscimo, para o comprimento máximo da raiz, do nível 6 ppm de Al em relação ao zero (B) e a relação A, para os 76 materiais testados no 2º ensaio da triagem. Sendo  $A = B/C$  onde  $B = \% \text{ de decréscimo do comprimento máximo da raiz do nível 6 em relação ao zero para um dado material}$  e  $C = \% \text{ de decréscimo do comprimento máximo da raiz do nível 6 em relação ao zero para o padrão. Piracicaba, 1979}$

Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A
77	59,32	1,16	96	44,60	0,87	115	52,70	1,03	134	48,90	0,96
78	48,36	0,95	97	54,43	1,07	116	66,97	1,31	135	54,76	1,07
79	50,29	0,98	98	53,39	1,05	117	45,11	0,88	136	69,92	1,25
80	60,03	1,18	99	68,69	1,35	118	40,25	0,79	137	52,24	1,02
81	46,86	0,92	100	51,03	1,00	119	65,45	1,28	138	52,54	1,03
82	52,15	1,02	101	55,07	1,08	120	58,84	1,15	139	58,19	1,14
83	47,59	0,93	102	62,47	1,22	121	58,58	1,15	140	44,91	0,80
84	62,27	1,22	103	42,38	0,83	122	53,51	1,05	141	40,55	0,74
85	35,28	0,69	104	55,49	1,09	123	66,24	1,30	142	52,98	1,04
86	42,56	0,83	105	55,94	1,10	124	48,24	0,94	143	56,43	1,10
87	56,55	1,11	106	60,64	1,19	125	48,91	0,96	144	62,91	1,23
88	48,33	0,95	107	64,28	1,26	126	44,53	0,87	145	48,07	0,94
89	55,30	1,08	108	65,51	1,28	127	56,13	1,10	146	46,84	0,92
90	45,14	0,88	109	64,41	1,26	128	50,12	0,98	147	60,45	1,18
91	60,17	1,18	110	51,58	1,01	129	61,21	1,20	148	35,17	0,69
92	63,31	1,24	111	60,70	1,19	130	65,04	1,27	144	51,74	1,03
93	53,21	1,04	112	54,62	1,07	131	53,21	1,04	150	45,74	0,89
94	55,73	1,09	113	60,70	1,19	132	49,32	0,97	151	58,76	1,15
95	57,15	1,12	114	55,75	1,09	133	52,72	1,03	152	47,89	0,94
									P	50,84	

P = Cultivar padrão

TABELA 13 - Porcentagem de decréscimo, para o comprimento máximo da raiz, do nível 6 ppm de Al em relação ao zero (B), e a relação A, para os 76 materiais testados no 3º ensaio da triagem. Sendo  $A = B/C$  onde  $B = \%$  de decréscimo do comprimento máximo da raiz do nível 6 em relação ao zero para um dado material e  $C = \%$  de decréscimo do comprimento máximo da raiz do nível 6 em relação ao zero para o padrão. Piracicaba, 1979

Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A	Mat.	B	Rela- ção A
153	47,03	1,22	172	43,32	1,23	191	64,44	1,67	230	38,36	0,99
154	33,78	0,87	173	44,56	1,16	192	42,14	1,09	211	33,76	0,87
155	37,54	0,97	174	29,56	0,76	193	29,26	0,76	212	41,57	1,06
156	43,23	1,12	175	52,96	1,37	194	42,16	1,09	213	44,75	1,16
157	39,04	1,01	176	51,08	1,32	195	58,48	1,52	214	50,16	1,30
158	45,63	1,18	177	45,19	1,17	196	44,89	1,16	215	15,93	0,41
159	27,34	0,71	178	94,21	1,15	197	42,63	1,10	216	54,95	1,42
160	54,73	1,42	179	50,86	1,32	198	36,23	0,94	217	51,14	1,33
161	47,26	1,22	180	34,99	0,91	199	50,73	1,31	218	44,66	1,16
162	28,74	0,74	181	39,76	1,03	200	38,32	0,99	219	52,05	1,35
163	27,71	0,72	182	44,19	1,14	201	33,46	0,87	230	52,65	1,36
164	34,23	0,89	183	55,28	1,43	202	35,04	0,91	221	29,84	0,79
165	47,75	1,24	184	48,28	1,25	203	29,60	0,77	222	40,17	1,04
166	39,87	1,03	185	50,08	1,30	204	39,20	1,01	213	47,44	1,23
167	44,68	1,16	186	48,74	1,26	205	43,11	1,12	224	49,34	1,28
168	38,55	1,00	187	43,64	1,13	206	44,72	1,16	225	35,98	0,93
169	40,92	1,06	188	53,66	1,39	207	50,52	1,31	226	40,91	1,06
170	33,17	0,86	189	46,83	1,21	208	47,36	1,23	227	37,63	0,97
171	42,88	1,11	190	49,48	1,28	209	33,09	0,86	228	41,48	1,01
									P	38,44	

P = Cultivar padrão

TABELA 14 - Dados médios relativos à cinco repetições e do caracter comprimento máximo de raiz, de oito cultivares de feijão desenvolvidos em solução nutritiva sob 0 , 6 , 12 e 18 ppm de Al e pH 4,0 - 4,2 , após oito dias de cultura em câmara de crescimento. Piracicaba, SP. 1979

Cultivar	Média do comprimento máximo de raiz - cm							
	0	%	6	%	12	%	18	%
Rosinha 729 Sel. 65/59	19,41	100	11,06	57	6,81	35	5,03	26
Composto negro chimaltenango	18,42	100	10,33	56	6,73	36	5,30	29
Jalo	21,62	100	14,61	68	8,17	38	6,69	31
Bico de Ouro MT-MDT	19,30	100	13,44	70	7,35	38	5,96	31
3579 P 227 A GO	17,48	100	10,47	60	7,14	41	5,87	33
Paranazinho	20,82	100	10,77	52	5,30	25	3,91	19
26074	21,26	100	10,69	50	5,98	28	3,71	17
N 257 S Rico MG (Padrão	21,43	100	11,00	51	6,57	31	5,7	26

TABELA 15 - Porcentagem de decréscimo do comprimento máximo de raiz de cada experimento (6 , 12 e 18 ppm de Al) em relação ao zero (testemunha) para os materiais testados. Piracicaba , SP. 1979

Materiais	% decréscimo		
	6 - 0	12 - 0	18 - 0
Rosinha 729 S 65/59	43	65	74
Composto N. Chimaltenango	44	64	71
Jalo	32	62	69
Bico de Ouro MT-MDT	30	62	69
3579 P 227 A GO	40	59	67
Paranazinho	48	75	81
26074	50	72	83
N 257 S Rico MG (Padrão	49	69	74

TABELA 16 - Desdobramento dos graus de liberdade da interação experimento / cultivares, contendo quadrados médios, teste F e coeficiente de regressão linear dos desvios das componentes lineares referente ao caracter comprimento máximo de raiz. Piracicaba, SP. 1979

Exp. / Cult.	G. L.	Q. M.	F	b
1	3			
Linear	1	0,0438	0,5197 ns.	0,9676
Desvios	2			
2	3			
Linear	1	0,1398	0,5095 ns.	0,8865
Desvio	2			
3	3			
Linear	1	0,8995	3,2781 ns.	1,0245
Desvios	2			
4	3			
Linear	1	1,1692	4,2610 ns.	0,9153
Desvio	2			
5	3			
Linear	1	0,0587	0,2140 ns.	0,7851
Desvio	2			
6	3			
Linear	1	0,0559	0,2038 ns.	1,1594
Desvio	2			
7	3			
Linear	1	0,2330	0,8492 ns.	1,1759
Desvio	2			
8	3			
Linear	1	0,6709	2,4450 ns.	1,0857
Desvio	2			
E. Médio	112	0,2744		

ns. = não significativo