

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DAS CULTIVARES  
DE ARROZ E FEIJÃO, PARA CONDIÇÕES ADVERSAS DE SOLO**



**EMBRAPA**

**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO (CNPAF)**

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DAS CULTIVARES  
DE ARROZ E FEIJÃO, PARA CONDIÇÕES ADVERSAS DE SOLO**

**Nand Kumar Fageria**  
Fertilidade do Solo – Ph.D.

**João Kluthcouski**  
Fertilidade do Solo – M.Sc.



**EMBRAPA**  
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO (CNPAF)  
Goiânia - GO.

Fageria, Nand Kumar

Metodologia para avaliação das cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo, por Nand Kumar Fageria e João Kluthcouski. Brasília, EMBRAPA-DID, 1980.

22 p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 8)

1. Arroz - Cultivares - Avaliação - Métodos. 2. Feijão - Cultivares - Avaliação - Métodos. I. Kluthcouski, João, colab. II. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Goiânia, GO. II. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento de Informação e Documentação, Brasília, DF. III. Título. IV. Série.

CDD 633.18

© EMBRAPA 1980

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO . . . . .	5
2 AVALIAÇÃO PARA MAIOR EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E/OU UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO . . . . .	6
2.1 Metodologia de avaliação, em condições de campo . . . . .	6
2.2 Metodologia de avaliação, em casa de vegetação . . . . .	8
3 AVALIAÇÃO PARA MAIOR EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E/OU UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO . . . . .	9
4 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA A BAIXOS NÍVEIS DE K, Ca e Mg . . . . .	9
5 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA À TOXIDEZ DE ALUMÍNIO . . . . .	13
5.1 Avaliação em condições de campo . . . . .	13
5.2 Avaliação em casa de vegetação . . . . .	15
6 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA A BAIXOS NÍVEIS DE ZINCO . . . . .	15
7 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA À SALINIDADE . . . . .	16
8 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA À TOXIDEZ DE FERRO . . . . .	17
9 RESUMO . . . . .	18
10 SUMMARY . . . . .	18
11 LITERATURA CITADA . . . . .	21

# METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DAS CULTIVARES DE ARROZ E FEIJÃO PARA CONDIÇÕES ADVERSAS DE SOLO

Nand Kumar Fageria & João Kluthcouski<sup>1</sup>

## 1 INTRODUÇÃO

Por condições adversas de solo, entendem-se as deficiências nutricionais e as toxicidades inerentes à morfologia e à composição química dos solos que, frequentemente, representam sérios obstáculos à produção agrícola. Os solos brasileiros são, geralmente, deficientes ou contêm teores tóxicos dos seguintes nutrientes e/ou elementos:

- a) Deficiência de N, P e Zn (Fageria *et al.* 1977, Fageria & Wilcox 1977, e Fageria 1980).
- b) Deficiência de Ca e Mg e baixa capacidade dos solos em retê-los, quando adicionados como fertilizantes ou corretivos (Lopes & Cox 1977).
- c) Presença de altos níveis de  $Al^{+++}$  trocável, que é tóxico para as culturas e atua como insolubilizador do fósforo (Olmos & Camargo, Lopes & Cox 1977).
- d) Toxidez de ferro e manganês, especialmente em solos inundados.
- e) Toxidez de sais, especialmente na região Nordeste (Goes 1976, Pizarro 1976).

A adaptação das plantas para condições adversas de solo tem crescido de importância nos últimos anos. Isto se deve, principalmente, aos custos cada vez maiores para a produção de alimentos e à exploração de áreas menos férteis ou áreas com problemas de toxidez de certos elementos. Desta forma, tem-se dado enfoque tanto ao condicionamento das plantas ao solo como à recuperação dos solos para as plantas. Esta última alternativa tem sido mais frequentemente utilizada pela pesquisa.

Desde que existem grandes problemas de deficiência nutricional e de toxidez nos solos brasileiros, e considerando o alto custo dos fertilizantes, a avaliação e identificação de cultivares adaptáveis a tais condições adversas dos solos podem ser a solução ideal para melhorar a produção de alimentos. Uma vez selecionados os germoplasmas eficientes e/ou tolerantes, podem eles ser usados no meio agrícola ou utilizados em melhoramento para incorporação destas características em outras cultivares agronomicamente promissoras.

A metodologia descrita a seguir é indicada especialmente para as culturas do arroz e do feijão, mas pode ser utilizada em outras culturas, com pequenas modificações.

---

<sup>1</sup> Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) — BR 153, km 4 — Caixa Postal 179 — 74.000 GOIÂNIA - GO.

## 2 AVALIAÇÃO PARA MAIOR EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E/OU UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO

### 2.1 Metodologia de avaliação, em condições de campo

Para avaliação em condições de campo, determinam-se dois níveis de adubação fosfatada, quais sejam: nível mínimo, que permita diferenciar as cultivares eficientes em baixo nível de fósforo e, máximo, para diferenciar o potencial de resposta das cultivares ao fósforo. Para isso, é necessário o emprego de oito a dez cultivares e a determinação de uma curva de resposta ao fósforo. Recomenda-se utilizar, aproximadamente, oito níveis de P, i.e.: 0; 5; 10; 20; 40; 80; 160; e 320 kg/ha de  $P_2O_5$  para determinação destes níveis críticos. O ponto de curva de resposta das cultivares, denominado nível crítico inferior, é aquele onde as diferenças entre as curvas de resposta começam a ser significativas, ou seja, o ponto onde as cultivares expressam diferenças de produção em um mesmo nível de fósforo, o qual deve ser o mais baixo possível. O nível crítico superior, ou máximo, é aquele em que a maioria das cultivares produz seu potencial máximo. Para a cultura do arroz, este nível pode ser estabelecido no ponto em que a maioria das cultivares produzir 80% de seus potenciais.

É importante que a percentagem de saturação de alumínio no solo não exceda a 15%, para não haver interferência no fósforo aplicado.

Para a avaliação propriamente dita, além dos dois níveis de P, é essencial que se efetue uma adubação básica com N, K e/ou outros nutrientes que, porventura, sejam muito deficientes.

O tamanho das parcelas depende do número de cultivares e/ou linhagens a serem avaliadas e, também, da disponibilidade de área e de recursos. É importante que se avalie um grande número de cultivares de cada vez; para isso, podem-se usar parcelas mínimas, constituídas de uma fileira de 3 metros de comprimento, sendo descartadas, por ocasião da colheita, 0,5 m de ambas as extremidades. Aconselha-se usar de três a quatro repetições. Pelo fato de não existir bordadura lateral, as cultivares e/ou linhagens devem ser agrupadas de acordo com seu crescimento e perfilhamento, no caso de arroz, e hábito de crescimento, no caso de feijão, sendo agrupadas, neste último caso, as cultivares de hábito II e III.

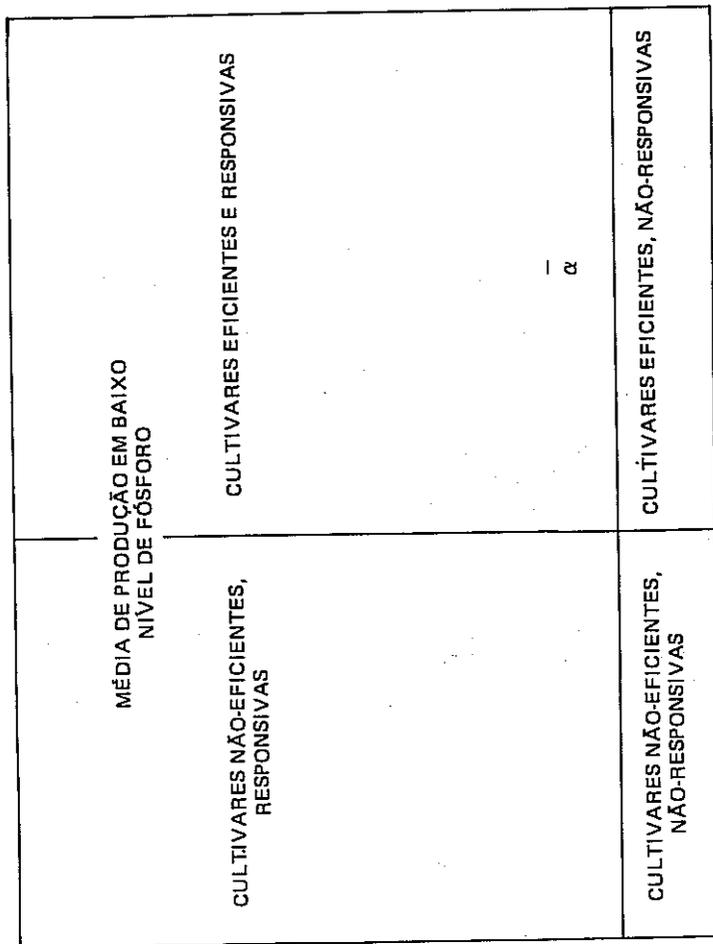
Durante o período de crescimento, devem ser feitas observações visuais das plantas e, por ocasião da formação de panículas, no caso do arroz, ou enchimento das vagens, no caso do feijão, devem-se tomar as melhores cultivares e/ou linhagens como padrão, e fazer a comparação com as demais.

Estes dados servem para aferição dos resultados finais.

A produção deve ser usada como critério para diferenciação das cultivares eficientes das não-eficientes. Um parâmetro, denominado  $\alpha$  (Fageria & Barbosa Filho 1980), que estima a eficiência na absorção de fósforo, é calculado pela seguinte fórmula:

$$\alpha_p = \frac{\text{Produção com nível ideal de P} - \text{Produção com nível baixo de P}}{\text{Diferença entre o nível ideal e o nível baixo de } P_2O_5 \text{ (g/parcela ou kg/ha)}}$$

A produção das diferentes cultivares no nível baixo de fósforo e seu correspondente  $\alpha_p$  são representados nos eixos x e y do sistema de coordenadas cartesianas, respectivamente (Fig. 1). São calculadas também a média de produção ao nível baixo em fósforo e a média de  $\alpha_p$ . O diagrama é, então, dividido em quatro quadrantes, que permitem separar quatro grupos de cultivares (Fig. 1), descritas como:



Produção (g/parcela ou kg/ha) a baixos níveis de fósforo  
Fig. 1 — Avaliação de cultivares a baixo e alto níveis de fósforo

Eficiência da utilização de fósforo (kg/kg  $P_2O_5$ ) —  $\alpha_p$

#### Quadrante 1. Cultivares eficientes, mas não-responsivas:

Produzem bem sob condições de baixo fósforo, mas não respondem bem a níveis crescentes do nutriente, tendo, assim, baixo potencial produtivo.

#### Quadrante 2. Cultivares eficientes e responsivas:

Produzem bem sob condições de baixo fósforo e respondem bem a níveis crescentes do nutriente.

#### Quadrante 3. Cultivares não-eficientes, mas responsivas:

Produzem pouco, sob condições de baixo fósforo, mas respondem bem a níveis crescentes do nutriente.

#### Quadrante 4. Cultivares não-eficientes e não-responsivas:

Produzem mal em baixo ou alto nível de fósforo.

## 2.2 Metodologia de avaliação, em casa de vegetação

Muitas vezes torna-se difícil avaliar grande número de cultivares em condições de campo. Em tais casos, a avaliação pode ser feita em casa de vegetação, utilizando a seguinte metodologia, desenvolvida pelo IRRÍ (1975): quatro sementes de cada cultivar são colocadas sob tela de náilon, as quais devem permanecer fluando em solução nutritiva de 1 ppm de fósforo, contida em vaso de plástico com 5 a 6 litros de capacidade (Tabela 1). Outras quatro sementes da mesma cultivar são colocadas em solução nutritiva contendo 10 ppm de fósforo. O pH da solução deve ser ajustado diariamente para  $5 \pm 0,2$ , e a solução trocada semanalmente. Quatro semanas após o plantio, tomando como base o número de perfilhos, as cultivares devem ser agrupadas em eficientes e susceptíveis e baixo nível de fósforo, utilizando o critério constante da Tabela 2 (Ponnamperuma 1977).

TABELA 1 — Composição da solução nutritiva para germinação e crescimento das plantas de arroz (Yoshida *et al.*, 1976).

Elemento	Reagente	Concentração (ppm)
N	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	40
P	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1 e 10
K	$\text{K}_2\text{SO}_4$	40
Ca	$\text{CaCl}_2$	40
Mg	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	40
Fe	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2
Mn	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,5
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,01
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,01
B	$\text{H}_3\text{BO}_3$	0,2
Mo	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,05

**TABELA 2 — Critério para classificação de cultivares de arroz**

Perfilhamento relativo <sup>1</sup> (%)	Classificação
100 - 76	Eficiente
75 - 51	Moderadamente eficiente
50 - 26	Moderadamente susceptível
25 - 0	Susceptível

$$^1 \text{Perfilhamento relativo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de perfilhos com 1 ppm P}}{\text{N}^\circ \text{ de perfilhos com 10 ppm P}} \times 100$$

### 3 AVALIAÇÃO PARA MAIOR EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E/OU UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO

Para a avaliação em campo, é necessário determinar os níveis mínimo e máximo de nitrogênio, utilizando metodologia semelhante à descrita para o fósforo.

A produção deve ser usada como critério para diferenciação das cultivares eficientes das não-eficientes. Um parâmetro, denominado  $\alpha_N$ , que estima a eficiência na absorção de nitrogênio, é calculado pela seguinte fórmula:

$$\alpha_N = \frac{\text{Produção com nível ideal de N} - \text{Produção com nível baixo de N}}{\text{Diferença entre o nível ideal e o nível baixo de N (kg/ha)}}$$

A produção das distintas cultivares em condições de baixo nível de nitrogênio e seu correspondente  $\alpha_N$  são representados nos eixos x e y do sistema de coordenadas cartesianas. Calculam-se também a média de produção ao nível baixo em nitrogênio e a média de  $\alpha_N$ . O diagrama, então, é dividido em quatro quadrantes que permitem separar quatro grupos de cultivares, de maneira semelhante àquela descrita para o fósforo.

### 4 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA A BAIXOS NÍVEIS DE K, Ca e Mg

As respostas de arroz e feijão a K, Ca e Mg, nos solos brasileiros, são muito limitadas. Nas regiões onde a deficiência é acentuada, essas culturas respondem à adição dos nutrientes citados. A metodologia a ser usada é semelhante à utilizada para o fósforo e para o nitrogênio. Caso contrário, recomenda-se a avaliação em casa de vegetação, utilizando-se de solução nutritiva. As sementes de diferentes cultivares devem ser germinadas em areia pura e, duas semanas após, quatro plântulas, no caso

de arroz, e uma, no caso de feijão, são colocadas em discos-suporte que, por sua vez, são colocados sobre vasos plásticos, com capacidade de 7 a 8 litros de solução nutritiva, pintados de preto, para evitar excessivo desenvolvimento de algas. A composição da solução nutritiva é a mesma apresentada na Tabela 1. Após 30 a 35 dias de idade, para o arroz, e 15 dias, para o feijão, as plantas são colocadas em solução nutritiva com várias concentrações do nutriente em estudo: K = 0; 50; 100; 200; 400; 600; 1200; 2400  $\mu$ M; Ca = 0; 10; 20; 40; 80; 160; 320; 640  $\mu$ M; e Mg = 0; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 320  $\mu$ M. A taxa de absorção é estudada pelo método de fluxo contínuo. O princípio básico desta técnica de fluxo contínuo é: a taxa de absorção é igual ao produto da taxa de fluxo F pela diferença entre a concentração da solução na entrada, Co, e na saída, Cs, do vaso (Fageria 1974a, 1976):

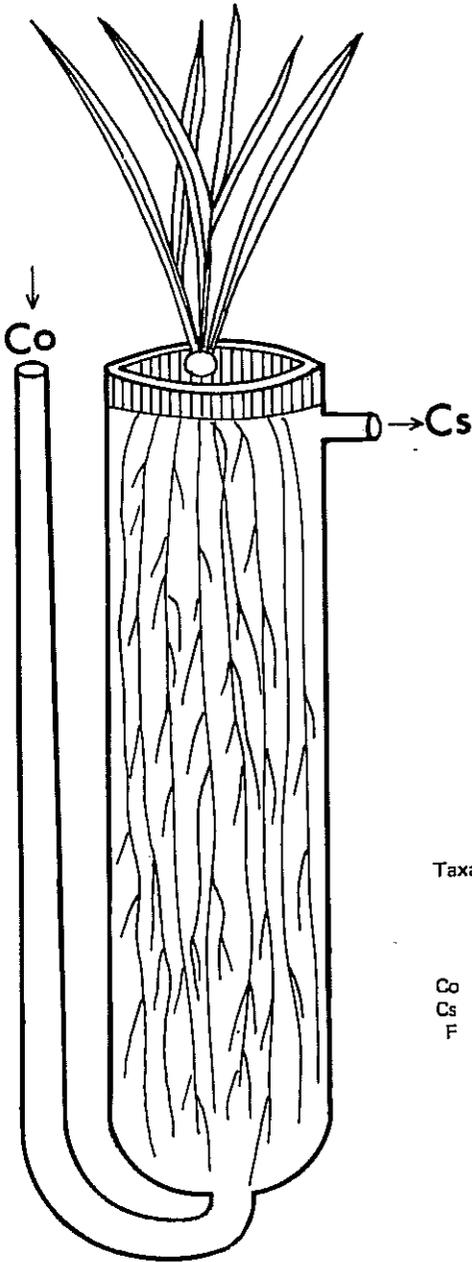
$$\mu = F (C_o - C_s)$$

A taxa de absorção, expressa em  $\mu$ g/g/h, pode ser calculada com o auxílio da seguinte fórmula (Fageria 1974a):

$$\text{Taxa de absorção} = \frac{1 - \frac{C_o}{C_s} \times F \times C_o}{\text{Peso das raízes}}$$

onde: Co e Cs são concentrações da solução na entrada e saída do vaso (ppm), respectivamente, e F é a taxa do fluxo em ml/h.

O esquema do método está representado na Fig. 2. Os dados da taxa de absorção são analisados pela equação Michaelis - Menten (Fageria 1974b), como mostra a Fig. 3. Baseado no valor de km (concentração na qual o mecanismo de absorção alcança metade da velocidade máxima), as cultivares são agrupadas como mais eficientes e menos eficientes em absorção de K, Ca e Mg.



$$\text{Taxa de absor\c{c}\~{a}o} = \frac{1 - \frac{C_o}{C_s} \times F \times C_o}{\text{Peso das ra\i{z}es}}$$

$C_o$  = Concentra\c{c}\~{a}o da solu\c{c}\~{a}o na entrada do vaso

$C_s$  = Concentra\c{c}\~{a}o da solu\c{c}\~{a}o na sa\i{d}a do vaso

$F$  = Taxa de fluxo em ml/hr.

FIG. 2 — Esquema experimental para estudo da taxa de absor\c{c}\~{a}o de K, Ca e Mg.

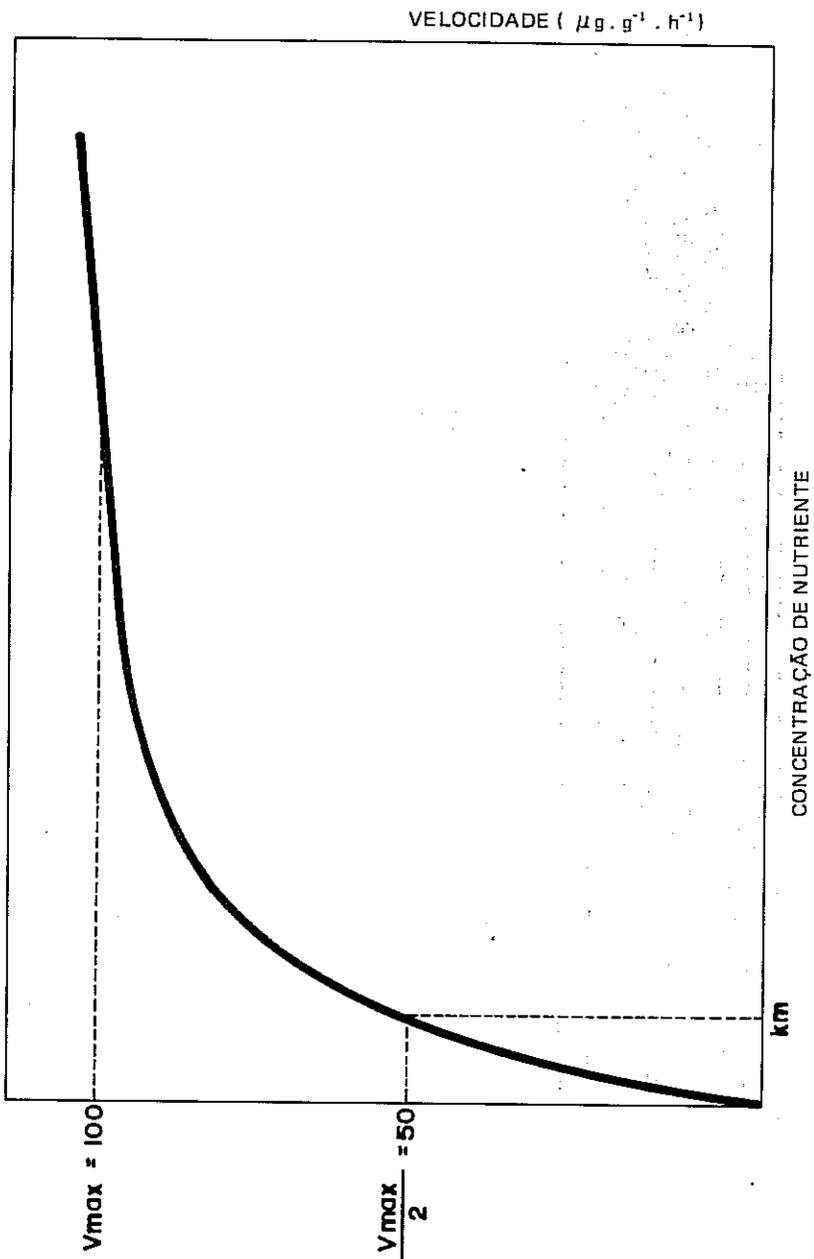


FIG. 3 — Análise cinética da taxa de absorção pela equação Michaelis-Menten.

## 5 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA À TOXIDEZ DE ALUMÍNIO

### 5.1 Avaliação em condições de campo

Recomenda-se utilizar dois níveis de saturação alumínio: 60 e 80% (nível alto) e 15% (nível não-tóxico para a maioria das culturas) (Olmos & Camargo), sendo necessário, para isto, o emprego de doses ideais de corretivo. Resultados obtidos no CNPAF mostraram que, em solo LVE da Estação Experimental da EMGOPA – Goiânia-GO., 3 t/ha de calcário reduzem a saturação de Al de 65,5% para 10,2%. O esquema experimental está representado na Fig. 4. Para a classificação de cultivares, pode-se adotar o seguinte critério:

$$\beta = \frac{\text{Produção com baixo nível de Al} - \text{Produção com alto nível de Al}}{\text{Diferença entre saturação de Al sem calcário e com calcário na floração}}$$

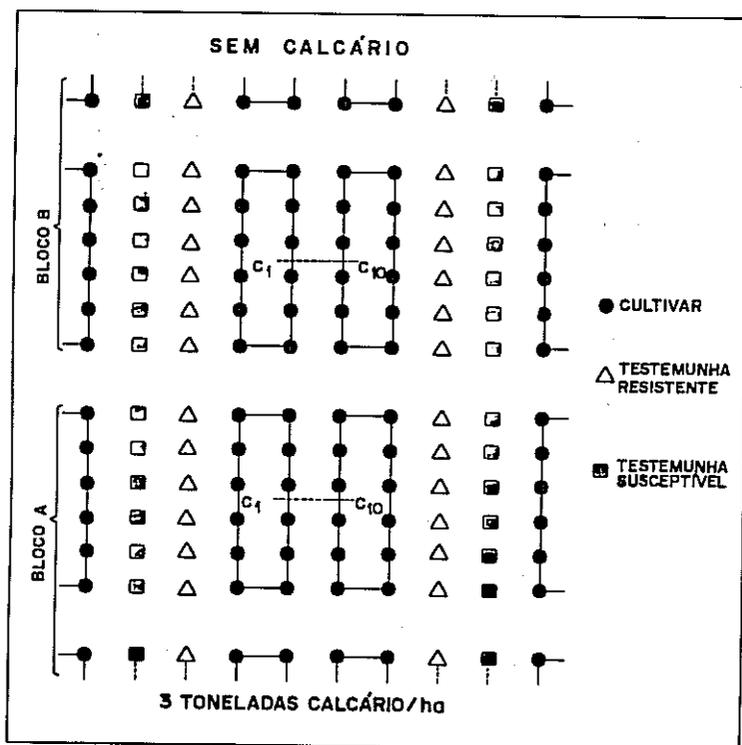


FIG. 4 – Esquema de campo para avaliação de cultivares de arroz e/ou feijão para tolerância à toxidez de alumínio.

A produção das diferentes cultivares no nível alto de alumínio e seu correspondente  $\beta$  são representados nos eixos x e y do sistema de coordenadas cartesianas, respectivamente. Calculam-se também a média de produção sob alta saturação de Al e a média de  $\beta$ . O diagrama é, então, dividido em quatro quadrantes e permite separar quatro grupos de cultivares (Fig. 5).

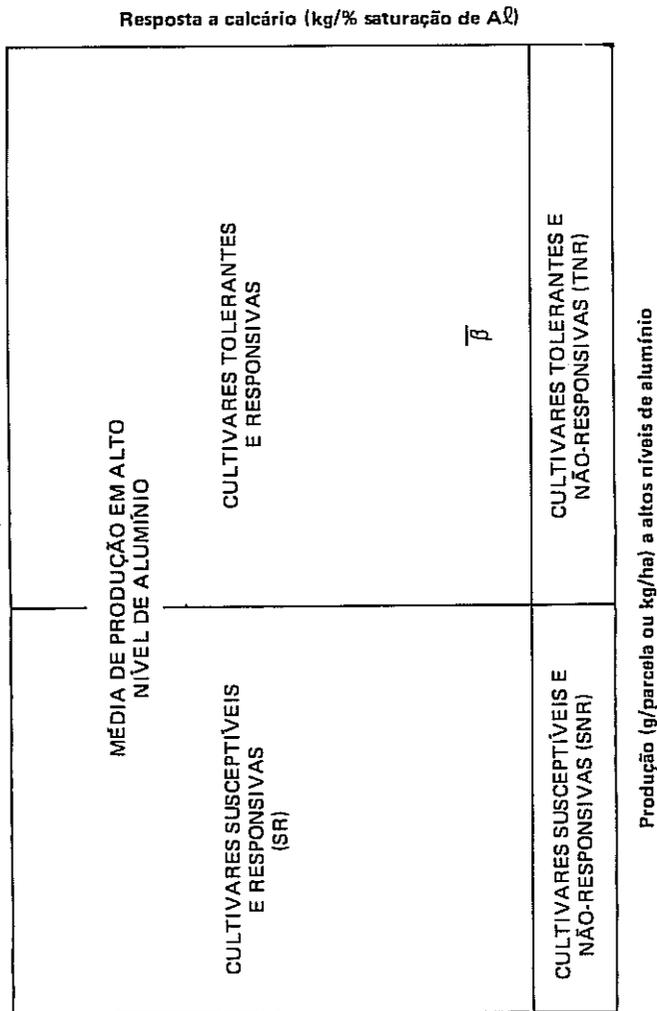


FIG. 5 – Avaliação de cultivares a baixo e alto níveis de alumínio

## 5.2 Avaliação em casa de vegetação

Sementes de cultivares de arroz são germinadas em areia, utilizando-se bandeja de plástico de 30 x 45 x 8 cm ou similar. De dez a doze dias após a germinação, quatro plantas são colocadas em discos de suporte. Estes discos são, então, transferidos para os vasos plásticos contendo de 7 a 8 litros de solução nutritiva, com duas concentrações de alumínio: 10 e 40 ppm. A solução nutritiva indicada é a mesma desenvolvida no IRRI (Yoshida *et al.* 1976) para arroz, com pequenas modificações (Fageria e Zimmermann 1979).

A solução nutritiva deve ser trocada semanalmente, e o pH da solução deve ser ajustado para  $4 \pm 0,2$  com 0,1 N HCl ou 0,1 N NaOH, a cada dois dias. As plantas devem ser colhidas 21 dias após terem sido transferidas para a solução nutritiva, para a determinação do comprimento de raiz. É utilizado o seguinte critério para classificação de cultivares em distintos graus de tolerância (Fageria 1980b) (Tabela 3):

TABELA 3 — Classificação de cultivares de acordo com o grau de tolerância

Comprimento relativo da raiz (CRR) * (%)	Classificação
> 60	Tolerante
45 a 60	Moderadamente tolerante
30 a 45	Moderadamente susceptível
< 30	Susceptível

$$\bullet \text{ CRR} = \frac{\text{Comprimento de raiz com 40 ppm Al}}{\text{Comprimento de raiz com 10 ppm Al}} \times 100$$

## 6 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA A BAIXOS NÍVEIS DE ZINCO

Para avaliação de deficiência de zinco, podem ser usadas caixas de cimento de aproximadamente 10 x 2,5 x 0,3 m. Solos deficientes em zinco são colocados nas caixas, e as cultivares plantadas em linhas de 2,5 m, intercalando uma cultivar resistente e uma susceptível, a cada 10 cultivares a serem avaliadas. Deve-se aplicar quantidade suficiente de N, P, K para que possíveis deficiências nutricionais sejam evitadas. Quatro semanas após o plantio, são dadas as notas, de acordo com os sintomas visuais (Tabela 4).

**TABELA 4 — Avaliação para tolerância e baixos níveis de zinco, com base em sintomas visuais (Ponnamperuma 1977)**

Observações	Notas	Graus de tolerância
Crescimento e perfilhamento normais sem nenhum sintoma foliar de deficiência	1	Tolerante
Crescimento e perfilhamento normais, mas com pequena descoloração de folhas velhas	2	Tolerante
Crescimento e perfilhamento pouco retardados e algumas folhas velhas com coloração marrom	3	Tolerante
Crescimento e perfilhamento severamente retardados e com aproximadamente 50% das folhas com coloração marrom	5	Moderadamente tolerante
Paralisação total do crescimento e com a maioria das folhas com coloração marrom	7	Moderadamente susceptível
Quase todas as plantas mortas	9	Susceptível

## 7 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA À SALINIDADE

A tolerância de arroz à salinidade é influenciada pela natureza e concentração de sais, pH, regime hídrico, método de plantio, idade de transplantio das mudas, estágio de desenvolvimento das plantas, duração de exposição ao sol e temperatura (IRRI 1975). Estes fatores devem ser considerados para avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade.

Estudos experimentais sobre estes fatores, no IRRI (1974, 1975), indicaram que:

1. O nível diferencial de salinidade é de 8–10 mmho/cm a 25°C.
2. A uma EC (Condutividade Elétrica) de 8–10 mmho/cm, a água do mar é menos prejudicial do que a solução de sal comum.
3. A utilização de solo como meio de cultura é melhor do que solução nutritiva.
4. A distribuição desigual de sal pode ser minimizada pelo uso de pequenas quantidades de solo (5 kg) em bandejas rasas e conservadas submersas a uma profundidade de 1 cm.
5. O tratamento é melhor do que o plantio direto.
6. Mudanças com duas semanas de idade são melhores do que mudas mais novas.
7. Para avaliação de cultivares de arroz para salinidade, 5 kg de solo são colocados em bandejas plásticas medindo aproximadamente 30 x 45 x 8 cm. Quatro litros de uma solução de NaCl, a 0,5%, são adicionados ao solo, misturando bem, três

dias antes do transplântio. A condutividade elétrica desta mistura foi de 16,82 mmho/cm a 25°C, em solo LVE da Estação Experimental do CNPAF – PALMITAL (Fageria *et al.* 1980). Antes da aplicação de NaCl, cada bandeja deve receber N, P e K, em quantidade recomendada, para evitar possíveis deficiências nutricionais.

As sementes de cultivares/linhagens de arroz são inicialmente tratadas com solução a 0,1% de HgCl<sub>2</sub>, por 10 minutos, sendo, posteriormente, lavadas com água destilada e postas a germinar, sobre uma tela protetora, em solução nutritiva (Tabela 1), usando-se vasos plásticos de dois litros de capacidade. Doze mudas de cada cultivar, com duas semanas de idade, são transplantadas para cada bandeja. Aconselha-se utilizar três repetições para cada cultivar. O solo é mantido submerso a 1 cm, através do uso diário de água desmineralizada. Quatro semanas após o transplântio, são feitas leituras, de acordo com a percentagem de folhas mortas (Tabela 5), e as cultivares são classificadas como tolerantes, moderadamente tolerantes, moderadamente susceptíveis e susceptíveis, de acordo com a metodologia proposta por Ponnampuruma (1977).

TABELA 5 – Avaliação para tolerância à salinidade, baseada na percentagem de folhas mortas

Folhas mortas (%)	Notas	Gráus de reação das cultivares
0–20	1	Tolerante
21–35	2	Tolerante
36–50	3	Tolerante
51–70	5	Moderadamente tolerante
71–90	7	Moderadamente susceptível
91–100	9	Susceptível

## 8 AVALIAÇÃO PARA TOLERÂNCIA À TOXIDEZ DE FERRO

Na avaliação de cultivares para tolerância à toxidez de ferro, é recomendável utilizar 5 kg de solo, o qual deve conter Fe<sup>++</sup> em níveis tóxicos, > 400 ppm; o solo é colocado em bandejas plásticas medindo aproximadamente 30 x 45 x 8 cm. Doze mudas de cada cultivar, com duas semanas de idade, germinadas em solução nutritiva (Tabela 1), são transplantadas para as bandejas, em três linhas. A cada série de 10 bandejas, devem-se intercalar uma cultivar previamente conhecida como tolerante e outra como sensível, as quais servem como testemunhas. Adiciona-se água desmineralizada, diariamente, para manter o solo submerso a 1 cm. Quatro semanas após o transplântio, são dadas notas para cada cultivar, de acordo com a percentagem de folhas mortas (Tabela 5), ou de acordo com os sintomas visuais, como mostra a Tabela 6.

**TABELA 6 — Avaliação para tolerância à toxidez de Fe<sup>++</sup>, com base nos sintomas visuais (Ponnamperuma 1977)**

Observações	Notas	Graus de reação das cultivares
Crescimento e perfilhamento normais, sem nenhum sintoma foliar de toxidez	1	Tolerante
Crescimento e perfilhamento normais, mas a ponta ou a metade superior das folhas mais velhas apresentam-se amarelas, púrpuras ou alaranjadas	2	Tolerante
Ligeiro retardamento do crescimento, com alguns perfilhos e algumas folhas mais velhas apresentando-se amarelas, púrpuras ou alaranjadas	3	Tolerante
Crescimento e perfilhamento severamente retardados, aproximadamente metade das folhas apresentando-se amarelas, púrpuras ou alaranjadas	5	Moderadamente tolerante
Paralisação total do crescimento; a maioria das folhas apresentando-se amarelas, púrpuras ou alaranjadas	7	Moderadamente susceptível
Quase todas as plantas mortas	9	Susceptível

## RESUMO

Deficiência nutricional e toxidez de alguns elementos estão entre os principais obstáculos para o aumento de produção de arroz e feijão. A deficiência e a toxidez podem ser amenizadas através de seleção e melhoramento de cultivares de arroz e feijão tolerantes a condições adversas de solo. Para atender a este objetivo, é necessário utilizar metodologia confiável, rápida e eficiente.

Neste trabalho está detalhada a metodologia para a avaliação de cultivares para maior eficiência na absorção e utilização de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e zinco, e tolerância à toxidez de alumínio, ferro e salinidade.

## SUMMARY

Nutrient deficiency and toxicity are some of the main obstacles to obtain high yield of rice and beans. These mineral stresses can be alleviated by selecting and breeding rice and bean cultivars suited to the different adverse soil conditions. To accomplish this, reliable, rapid, and convenient screening methods are necessary.

Therefore, in this bulletin detailed screening methodology for nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and zinc deficiency and aluminum, iron and salinity toxicities are discussed.

## 11 LITERATURA CITADA

FAGERIA, N.K. Continuous — nutrient — flow method: a new approach to determine nutrient uptake. *Indian J. Agric. Sci.*, **44**: 262-6, 1974a.

\_\_\_\_\_. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **15**: 259-65, 1980a.

\_\_\_\_\_. Effect of P, Ca, and Mg concentrations in solution culture on growth and uptake of these ions by rice. *Agron. J.*, **68**: 726-32, 1976.

\_\_\_\_\_. Kinetics of phosphate absorption by intact rice plants. *Aust. J. Agric. Res.*, **25**: 395-400, 1974b.

\_\_\_\_\_. Tolerância diferencial de cultivares de arroz ao alumínio em solução nutritiva. s. l., s. ed., 1980b. Trabalho apresentado na II Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, 05 a 09 de fevereiro, Goiânia-GO.

\_\_\_\_\_ & BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação de cultivares de arroz para maior eficiência na absorção de fósforo. s. l., s. ed., 1980. Trabalho apresentado na II Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, 05 a 09 de fevereiro, Goiânia-GO.

\_\_\_\_\_ & GHEYI, H.R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. s. l., s. ed., 1980. Trabalho apresentado na XIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 14 a 19 de julho, Cuiabá-MT.

\_\_\_\_\_ & WILCOX, G.E. Influência de nitrogênio e fósforo no crescimento do arroz. *Lav. arroz.*, **301**: 24-8, 1977.

\_\_\_\_\_ & ZIMMERMANN, F.J.P. Seleção de cultivares de arroz para tolerância e toxidez de alumínio em solução nutritiva. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **14**: 141-7, 1979.

FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. & LOPES, A.M. Resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo, zinco e calcário. *R. bras. Ci. Solo*, **1**: 72-6, 1977.

GOES, E.S. Pré-diagnóstico sobre o problema de salinidade em perímetros de irrigação do Nordeste. Recife, SUDANEIDAA, Divisão de Projetos integrados, 1976. p. 8.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Los Baños, Philippines, *Annual report for 1973*, Los Baños, Philippines, 1974. 226 p.

\_\_\_\_\_. *Annual report for 1974*. Los Baños, Philippines, 1975. 384 p.

LOPES, A.S. & F.R. COX. A survey of the fertility status of surface soil under "Cerrado" vegetation in Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41: 742-6, 1977.

OLMOS, I.L.J. & CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ci. e Cult.*, 28: 171-80, 1976.

PIZZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Fortaleza, SUDENE/DNOCS, 1976. p. 466.

PONNAMPERUMA, F.N. Screening rice for tolerance to mineral stress. IRRI, 1977. 21 p. (Research Paper Series, 6).

YOSHIDA, S.; FORNO, D.A.; COCK, J.H. & GOMES, A.K. Laboratory manual for physiological studies of rice: Los Baños, Philippines, IRRI, 1976. 82 p.