

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS  
MINERAIS EM DUAS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*. L.,  
cv. I. A. C. 47 e I. A. C. 435)**

**ALDO ARNALDO DE MEDEIROS**

Engenheiro-Agrônomo

EMBRAPA

Orientador: **PROF. DR. EURÍPEDES MALAVOLTA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre  
em Solos e Nutrição de Plantas.

**P I R A C I C A B A**  
**ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL**  
**Março - 1980**

Ao meu pai (*in memoriam*)

*Severino Arnaldo de Medeiros*

À minha mãe

*Maria Dantas de Medeiros*

Aos meus irmãos

*Milton, Mauro, Maria Célia, Zélia,  
João Arnaldo, Adélia, Teresinha, Ber  
nardete, Nelson, Lúcia, José Arnal  
do e Celso.*

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. *Euripedes Malavolta* pela valiosa orientação e estímulo constante durante a condução dos ensaios e no decorrer deste trabalho

Ao Prof. Dr. *Humberto de Campos* pela orientação na análise estatística

Ao Prof. Dr. *Henrique Bergamin Filho* pelas facilidades oferecidas na Secção de Química Analítica

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *Francisco José Krug* pelas sugestões nas análises químicas

Aos Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *Mauro Nóbrea da Costa e José Henrique Albuquerque Rangel* pela amizade e incentivo manifestado durante o curso

Aos Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *Godofredo Cesar Vitti, Domingos Fornasieri Filho, João Suzuki, Eduardo de Lima, Isabel Etsue Eimori, Luiza Hitomi Igarashi, Alcioneaurea A. da Silva e Itamar Pereira*, colegas pós-graduados da Secção de Nutrição de Plantas pela convivência, amizade e cooperação durante o curso.

Aos Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *José Pires Dantas, Francisco Dias Nogueira, Emília Dantas e Maria Fernanda Cícero* pelo acolhimento no início do curso

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *Luiz Moreira* representante da EMBRAPA no Rio Grande do Norte, pelo incentivo prestado

Aos Técnicos em Química Industrial, *Cleusa Pereira Cabral, Iolanda Aparecida Rufini, Maria Angela Fortran, Neusa Maria Mendes Toninho e Maria Valéria Lopez Cruz* pela colaboração prestada nas análises químicas

Aos Funcionários das Bibliotecas Central da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura), especialmente à Sra. *Rosa Maria V. Bertolini Oliveira*, Sra. *Janeti L. Bombini de Moura* e Sra. *Marisa Nogueira* e Sr. *Luiz Carlos Veríssimo* pela solicitude no atendimento

Aos Funcionários da Secretaria de Pós-Graduação, especialmente à Sra. *Dirce Alessi Pelegrino* pela maneira gentil que sempre me acolheu

Ao Sr. *Alfredo José Ferraz de Mello* pelo serviço datilográfico

A *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* pela oportunidade concedida para realização do curso

Ao *Instituto Agrônomo de Campinas* pela concessão de sementes certificadas

Ao *Centro de Energia Nuclear na Agricultura e Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"* pelo acolhimento e facilidades concedidas durante o curso

## Í N D I C E

	Pág.
1. RESUMO. . . . .	1
2. INTRODUÇÃO. . . . .	3
3. REVISÃO DE LITERATURA . . . . .	6
3.1. Nutrição nitrogenada no arroz. . . . .	6
3.2. Exigências minerais. . . . .	11
3.3. Absorção foliar e radicular. . . . .	13
4. MATERIAL E MÉTODOS. . . . .	17
4.1. Ensaio comparativo entre soluções nutritivas . . .	17
4.2. Ensaio de extração de nutrientes . . . . .	19
4.3. Ensaio de correção radicular e foliar. . . . .	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO. . . . .	30
5.1. Ensaio comparativo de solução nutritiva . . . . .	30
5.2. Produção de matéria seca. . . . .	35
5.3. Composição mineral. . . . .	36
5.4. Extração de macro e micronutriente . . . . .	48
5.5. Relação N:P:K na parte aérea . . . . .	56
5.6. Ensaio de correção . . . . .	56
6. CONCLUSÃO. . . . .	67
7. SUMMARY. . . . .	69
8. LITERATURA CITADA. . . . .	89

## LISTA DE TABELAS

TABELAS	Pág.
1. Composição das soluções nutritivas de <i>HOAGLAND</i> e <i>ARNON</i> nº 2 (1950) e <i>KARIM</i> e <i>VLAMIS</i> (1962) . . . . .	20
2. Tratamentos e Repetição (para cada cultivar) . . . . .	21
3. Tratamentos delineados para ambas cultivares com as respectivas soluções nutritivas usadas. . . . .	25
4. Parâmetros de crescimento dos duas cultivares de arroz, cultivados em solução - <i>KARIM</i> e <i>VLAMIS</i> (1961)	32
5. Parâmetro de crescimento das duas cultivares de arroz, cultivadas em soluções nutritivas de <i>HOAGLAND</i> e <i>ARNON</i> (1950). . . . .	33
6. Medições semanais do pH nas duas soluções . . . . .	34
7. Produção de matéria seca em kg/ha segundo a cultivar . . . . .	35
8. Médias da produção de massa seca e teor dos macronutrientes em diversas partes das duas cultivares de arroz. . . . .	42
9. Teor médio dos micronutrientes em diversas partes de duas cultivares de arroz. . . . .	49
10. Produção de matéria seca em g/planta e teor de N nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção" relativos ao nitrogênio. . . . .	73

TABELAS

11.	Valor do teste de <i>Kruskal-wallis</i> e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de N nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao nitrogênio. . . . .	74
12.	Produção de matéria seca em g/planta e teor de P nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção, relativos ao fósforo. . . . .	75
13.	Valor do teste de <i>Kruskal-Wallis</i> e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de P nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção, relativos ao fósforo. . . . .	76
14.	Produção de matéria seca em g/planta e teor de K nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao potássio . . .	77
15.	Valor do teste de <i>Kruskal-Wallis</i> e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de K nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao potássio . . . . .	78
16.	Produção de matéria seca em g/planta e teor de S nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao enxofre . . .	79

## TABELAS

Pág.

17. Valor do teste de *Kruskal-Wallis* e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de S nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao enfre. . . . . 80
18. Produção de matéria seca em g/planta e teor de B nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao boro. . . . . 81
19. Valor do teste de *Kruskal-Wallis* e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de B nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao boro. . . . . 82
20. Produção de matéria seca em g/planta e teor de Cu nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao cobre. . . . . 83
21. Valor do teste de *Kruskal-Wallis* e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas de matéria seca e teor de Cu nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao cobre. . . . . 84
22. Produção de matéria seca em g/planta e teor de Zn nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao zinco. . . . . 85

TABELAS

Pág.

23.	Valor do teste de <i>Kruskal-Wallis</i> entre a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de Zn nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção, relativos ao zinco. . .	86
24.	Mineral requirements of two culture grown in nutrient solution . . . . .	71*
25.	Comparative efficiency of treatments to central mineral deficiency induced and carried to full tillering stage (grain production as % of control). . . . .	72*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Pãg.
1. Quantidades de nitrogênio e potássio extraídas em kg/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada em 250.000 plantas/ha. . . . .	52
2. Quantidades de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre extraídas em kg/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada em 250.000 plantas/ha. . . . .	53
3. Quantidades de cloro e ferro extraídas em g/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada em 250.000 plantas/ha. . . . .	54
4. Quantidades de boro, cobre, manganês, zinco e molibdênio extraídas em g/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada em 250.000 plantas/ha. . . . .	55
5. Efeito relativo ao "completo" dos tratamentos "deficiente" e "de correção" casos de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre (Produção de grãos). . . . .	87
6. Efeito relativo ao "completo" dos tratamentos "deficiente" e "de correção", casos de boro, cobre e zinco (Produção de grãos). . . . .	88

## 1. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar alguns aspectos da nutrição mineral de duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) I.A.C.47 e I.A.C.435, em solução nutritiva, a saber:

- comportamento das cultivares quando cultivadas nas soluções de *HOAGLAND* e *ARNON* (1950) nº 2 e *KARIM* e *VLAMIS* (1962) na presença e ausência de arejamento.

- composição e quantidades dos elementos essenciais absorvidas até o fim do ciclo;

- eficiência da aplicação radicular e foliar de N, P, K, S, C, Cu, e Zn como um meio de corrigir as deficiências correspondentes induzidas até o perfilhamento;

Obtiveram-se as seguintes conclusões:

A solução nutritiva de *HOAGLAND* e *ARNON* nº 2 (1950) mostrou-se superior à de *KARIM* e *VLAMIS* (1962), em termos de produção de matéria seca e teor de N na matéria seca.

- O uso de arejamento nas soluções nutritivas não se mostrou necessário.

- Devido ao efeito varietal na produção de matéria seca, as quantidades extraídas pelas duas cultivares são diferentes; há semelhança, porém, quanto à ordem decrescente obedecida.

I.A.C.47 N > K > S > Ca > P > Mg

I.A.C.435 N > K > S = Ca > Mg;

quanto aos micronutrientes, a ordem decrescente é a mesma para ambas cultivares; Cl > Fe > Mn > Zn > Cu > Mo,

- A análise estatística, segundo o teste de *Kruskal-Wallis* utilizado na análise não-paramétrica, revela a possibilidade de correção parcial das deficiências medida pela produção de grãos com a aplicação foliar ou radicular de N, P, K, S, B, Cu e Zn no estágio de perfilhamento.

## 2. INTRODUÇÃO

A produção de arroz (*Oryza sativa*, L.) no Brasil data da época colonial quanto teve grande expansão. Hoje o Brasil é o oitavo produtor mundial e o primeiro na América Latina mas apresenta uma produtividade inferior àquela que é obtida em centros que utilizam sistema de cultivo com tecnologia mais avançada. Sua participação no contexto mundial mal ultrapassa 2% do total produzido. (FILHO, 1979).

Além do sistema de cultivo empregado no Brasil ser em grande parte sem irrigação e do baixo potencial produtivo das variedades brasileiras, o consumo de fertilizantes é inferior aos dos grandes produtores como Japão e Formosa que empregam 300 a 200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. (MALAVOLTA, 1978).

A técnica do cultivo de plantas em substrato que não seja o solo, tem permitido avanços no conhecimento da nutrição das plantas, pois controla mais adequadamente a com

posição da solução e eliminar a heterogeneidade e complexidade que se apresenta no primeiro (EPSTEIN, 1975).

A adubação foliar embora não sendo uma idéia recente e apresentando-se com algumas vantagens sobre a adubação radicular é pouco difundida nos sistemas de produção. Segundo MENGEL e KIRKBY (1979) em certas condições nas quais o suprimento de elementos essenciais do solo para planta é restrito, a aplicação foliar é particularmente útil. Neste caso encontram-se os nutrientes que são fixados ou lixiviados do solo como zinco, cobre, ferro e boro.

MALAVOLTA (1978) relata a eficiência da aplicação foliar de zinco para prevenir a deficiência deste elemento no arroz. BACHA e SCHERER (1977), VAHL e GOMES (1977) e VAHL *et alii* (1978) relatam o relativo sucesso na aplicação de produtos nitrogenados via folha como suplemento à adubação radicular

No Brasil, os dados do projeto BNDE/ANDA tem evidenciado excelentes respostas na cultura do arroz a aplicação de adubos nitrogenados e fosfatados (ANDA, 1975).

Com respeito aos micronutrientes, a deficiência de zinco em arroz de sequeiro é relatada por SOUZA e HIROCE (1970) no Estado de São Paulo e em solos de cerrados por VALADARES (1972). A deficiência de boro embora não sendo frequente no arroz, é comum nas culturas do café, cana-de-açúcar e citrus em

muitos Estados do Brasil (MALAVOLTA, 1976).

Neste trabalho os objetivos são:

- Avaliar o comportamento de duas cultivares de arroz em duas soluções nutritivas.
- Determinar o teor dos elementos essenciais nas duas cultivares no fim do ciclo.
- Estimar as suas exigências minerais.
- Avaliar a eficiência da correção de deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, boro, cobre e zinco aplicados pelas folhas ou pelas raízes.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

A presente revisão cuidará apenas dos aspectos mais diretamente relacionados com o presente trabalho.

#### 3.1. Nutrição nitrogenada no arroz

A nutrição nitrogenada no arroz tem sido objeto de estudo, tanto, com relação à fonte de nitrogênio quanto com respeito à presença de oxigênio no meio. (MALAVOLTA, 1957; VIETS, 1965; IMAI, 1977).

O nitrogênio, elemento essencial para as plantas pode ser absorvido tanto na forma nítrica como amoniacal. (EPSTEIN, 1975). A absorção do cátion ( $\text{NH}_4^+$ ) ou do ânion ( $\text{NO}_3^-$ ) produz modificações no meio onde se cultiva a espécie vegetal e na própria composição e desenvolvimento das Plantas (GAUCH, 1972).

A absorção do nitrogênio na forma catiônica in

flui negativamente na absorção dos cátions, particularmente na do potássio; diminui o nível dos ácidos orgânicos devido à rápida transformação do cátion em aminoácidos e amidas. Quando a absorção do nitrogênio ocorre na forma aniônica, a demanda imediata de carboidrato é menor e por isso pode haver acúmulo apreciável de ácidos orgânicos (VIETS, 1965).

Para HEWIT e SMITH (1974) quando a absorção de cátions excede a absorção de ânions a síntese de ácidos orgânicos e a absorção diferencial é balanceada pela excreção de  $\text{HCO}_3^-$  ou  $\text{H}^+$ .

Para MENGEL e KIRKBY (1978) a mais importante diferença entre a absorção do nitrato e amônia é a sensibilidade ao pH. A melhor faixa do pH para a absorção da amônia é a próxima da neutralidade; o nitrato é mais rapidamente absorvido em pH baixo. Em arroz a absorção dos dois íons foi estudada por FRIED *et alii* (1963). Os autores concluíram que em pH alcalino a amônia foi absorvida em maior quantidade, enquanto diminuindo o pH aumentava a absorção do nitrato mas mesmo em pH ácido, a absorção da amônia foi maior que a do nitrato.

KARIM & VLAMIS (1962) admitem que a absorção da amônia em arroz, ocorra com mais rapidez que a do nitrato. Estes autores observaram sintomas de toxidez em plantas de arroz cultivadas em solução nutritiva, cuja fonte de nitrogênio foi amônia. Relatam os autores que após três semanas do início da

experimentação, na extremidade das folhas mais velhas apareceram queimaduras que expandiram para a base. No curto período de dois dias as folhas secavam e enrolavam.

*MALAVOLTA (1954)* concluiu que a redução no develoolvimento das plantas alimentadas com amônia foi devido não ao acúmulo de grande quantidade da mesma mas a implicações nos mecanismos fotossintético e respiratório.

*IMAI (1977)* examinando diferentes níveis de amônia no crescimento e produção do arroz, relata que a concentração de 30 ppm provoca efeito depressivo no crescimento das raízes e na produção. A aplicação de fósforo e a permuta, em parte, do amônia por nitrato diminuiu o efeito. *MENGEL e VIRO (1978)* não mencionam efeito negativo da amônia na concentração de 18 ppm em pH 5,5. Neste nível o teor de amônia livre no tecido era baixo e a fração solúvel nitrogenada constituía-se de aminoácidos e amidas.

A forma amoniacal constitui a principal fonte de nitrogênio para o arroz irrigado (*WELLS, 1962; SANCHEZ, 1975*). A inundação que permanece durante algum tempo nos solos arrozeiros, produz modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas. A predominância da anaerobiose desfavorece a disponibilidade do nitrato na zona radicular devido às perdas pela desnitrificação e lixiviação. (*PATRICK e MANAPATRA, 1968; MALAVOLTA, 1978*).

*PATRICK* e *STURGIS* (1955) estudando o efeito do oxigênio sobre a absorção do nitrato e amônia pelo arroz, concluíram que não havia interação entre o fornecimento do oxigênio e absorção dos dois íons.

A incapacidade do arroz em reduzir o nitrato, foi admitida por *Bonner* citado por *MALAVOLTA* (1967) como sendo a causa do nitrato não ser eficiente na nutrição do arroz, *Kelly*, citado por *PATRICK* e *MAHAPATRA* (1968) atribuiu às condições cloróticas das plantas de arroz no estadio nascediças que receberam nitrato como única fonte de nitrogênio à incapacidade de assimilar bem o nitrato e o efeito tóxico do mesmo. *Ch' Wan Kwans*, citado por *KARIM* e *VLAMIS* (1962) cultivando arroz em solução nutritiva, observou uma clorose nas plantas cultivadas com nitrato semelhante à deficiência de ferro.

*MALAVOLTA* (1957) estudou a nutrição nitrogenada nas duas formas de nitrogênio, combinada e/ou isoladas, em várias condições: pH controlado e sem controle; com e sem arejamento; dois níveis de molibdênio. As conclusões são sumarizadas:

I) A acidez na solução amoniacal produz efeito menos prejudicial no desenvolvimento do arroz do que a alcalinização na solução nítrica.

II) Na solução com pH controlado não houve diferença estatística no crescimento das plantas nas soluções com

amônia ou com nitrato.

III) A aeração forçada exerceu efeito negativo no desenvolvimento das plantas.

IV) As plantas cultivadas no substrato com pH não controlado, tiveram melhor desenvolvimento quando o nitrato e amônia foram fornecidos juntos na presença de molibdênio.

*MENGEL* e *VIRO* (1978) relatam que a absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas de arroz, depende do estado energético. Em baixa intensidade de luz, plantas de arroz diminuíram a absorção de amônia; a absorção e assimilação de nitrato foram porém mais afetadas. A incorporação do nitrogênio na fração insolúvel; proteína e ácido nucleico, foi maior nas plantas alimentadas com amônia que nas plantas com nitrato.

O arroz tem uma conhecida capacidade de crescer em solos anaeróbicos (*VLAMIS* e *DAVIS*, 1944). Nesta condição redutora há produção de substância tóxica aos vegetais oriundas do metabolismo anaeróbico dos microrganismos. *ISHIZUKA* (1971) ressalta, entretanto, a habilidade do arroz em oxidar o meio vizinho às raízes.

Para *SHEIK* (1973) a presença de Óxido de ferro revestindo a superfície radicular do arroz cultivado em solo com condição redutora, indica que nas proximidades das raízes

prevalece ambiente oxidante. Segundo *BARBER (1962)* o arroz tem grande capacidade em transferir o oxigênio atmosférico para as raízes via colmo, por intermédio do tecido aerenquimático.

### 3.2. Exigências minerais

Para *VELASCO et alii (1955)* a absorção mineral pelo arroz é maior aos trinta dias de idade do que no período subsequente e as quantidades em que cada íon é absorvido depende consideravelmente das condições ambientais. Segundo os autores aos trinta e três dias de idade, plantas de arroz absorvem as seguintes quantidades dos macronutrientes em meq/dia 0,37  $\text{NH}_4\text{-N}$ , 0,24 K, 0,06 Ca, 0,18 Mg, 0,09  $\text{NO}_3\text{-N}$  e 0,05 P.

*BASAK (1962)* informa que a absorção de nitrogênio e de fósforo são fortemente correlacionadas com a produção de grãos. Segundo o autor a máxima produção é obtida quando a relação nitrogênio absorvido/fósforo absorvido é igual a 5:1. Para *MALAVOLTA (1976)* e *FURLANI et alii (1977)* a relação N:P:K na parte aérea corresponde a 6:1:7.

*SIMS e PLACE (1968)* baseados em dados obtidos no campo informam que o arroz extrai 232 kg/ha de N e 48 kg/ha de P e 171 kg/ha de K e a percentagem de N e K na planta cresce com a idade enquanto a de fósforo aumenta não significativamente.

cativamente com a idade da planta.

Segundo *GARGANTINI* e *BLANCO* (1965) para uma produção de 4.300 kg/ha de grãos com casca e 39.350 kg/ha de palha e raízes, são absorvidas 115 kg de N, 18,5 kg de P; 124 kg de K, 35 kg de Ca; 36 kg de Mg.

*FURLANI et alii* (1977) semearam três cultivares de arroz em solo argilo-orgânico que recebeu adubação de 300 kg de sulfato de amônio, 300 kg de superfosfato simples e 50 kg de cloreto de potássio por hectare e concluíram que, para uma produção média de 8513 kg/ha de matéria seca na parte aérea são extraídos dos solos as seguintes quantidades por hectare: Macronutrientes; 83,1 kg de N, 13,9 kg de P, 94,9 kg de K, 20,5 kg de Ca, 7,6 kg de Mg e 10,8 kg de S. Micronutrientes; 77,7 g de B, 38,1 g de Cu, 1134,1 g de Fe, 430,6 g de Mn, 1,1 g de Mo, 308,3 g de Zn.

Segundo *GILMOUR* (1977) a absorção dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn atingi o valor máximo próximo à formação da panícula e que uma população de  $2 \times 10^6$  de arroz, retiraram 108, 104, 2.316 e 298 g/ha de Zn, Cu, Mn e Fe respectivamente.

*Kemmler*, citado por *MENGEL* e *KIRKBY* (1978) relata que para uma produção de 8 t/ha de grãos, o arroz retira do solo 152 kg/ha de N, 37 kg/ha de P e 270 kg/ha de K. Nos

grãos encontra-se cerca de 70% do total do nitrogênio e fósforo absorvidos, enquanto que cerca de 25% do potássio encontra-se nos grãos.

### 3.3. Absorção foliar e radicular

A primeira condição para que ocorra a absorção de qualquer íon é o estabelecimento do contacto entre íon e as células da raiz ou da folha. A penetração do íon na célula se dá por um mecanismo de absorção passiva, que pode ser difusão, troca iônica, adsorção e fluxo de massa. É um processo não metabólico que ocorre rapidamente a favor do gradiente de concentração até atingir a membrana citoplasmática. Parte dos nutrientes acumulados nas folhas ou raízes, permanecem no "espaço livre aparente" (MALAVOLTA, 1976), conjunto em que as soluções aquosas podem entrar e sair livremente por difusão.

O segundo processo de absorção ativa foi muito estudado por Hoagland e colaboradores, citado por EPSTEIN (1951). A intensidade deste processo é dependente do estado energético da planta. É um processo metabólico, em que o nutriente atravessa a membrana citoplasmática e atinge o vacúolo; é um fenômeno irreversível e ocorre geralmente em horas (EPSTEIN, 1976).

Fatores internos e externos estão influenciando esse processo. GAUCH (1975) cita-os como sendo; umidade pre

sença de outros íons em solução, disponibilidade, pH, tempo, temperatura e fator genético.

Segundo *CAMARGO* e *SILVA* (1975) há certas substâncias que mesmo sem receber energia metabólica, passam do apoplasto para o simplasto, este conjunto vivo e contínuo de todos os protoplastos da planta, com relativa facilidade. É o que ocorre com a uréia que acumula energia cinética suficiente para transpor o plasmalema.

*FUENTE* e *VELASCO* (1955) cultivando plantas de arroz em solução nutritiva com omissão de nitrogênio, compararam a eficiência de várias fontes nitrogenadas aplicadas nas folhas no estágio vegetativo e concluíram que o tratamento que recebeu uréia foi o que mais se aproximou do tratamento completo.

Segundo *BUKOVAC* e *WITTWER* (1957) a mobilidade do elemento na planta, transporte de uma parte para outra, apresenta-se como um critério na avaliação da eficiência da aplicação foliar do elemento. Os autores, utilizando elementos marcados, compararam a mobilidade de vários elementos baseando-se na porcentagem do aplicado que é absorvida e transportada classificando-se em três grupos; entre os móveis estão o fósforo, potássio e enxofre; no grupo dos parcialmente móveis pertencem o zinco e cobre e ao imóveis pertence o cálcio.

*BIDDULPH et alii* (1958) estudaram a redistribuição de fósforo radioativo aplicado na raiz, e verificaram que o elemento foi para os talos e folhas e voltava para as raízes.

*EMMERT* (1959) aplicando uma solução de fósforo radioativo nas folhas, observou que o fósforo atingia as raízes e desta passava para o ambiente vizinho às mesmas, seguindo uma função exponencial em relação à concentração de fósforo no ambiente.

*TIFFIN* (1972) relatando a mobilidade dos micronutrientes nas plantas, diz que entre os micronutrientes, o boro é o menos móvel. *OERTLI* e *RICHARDSON* (1970) explicam que o boro segue o fluxo unidirecional da transpiração e que o movimento entre floema e xilema depende da concentração do elemento nos dois tecidos.

→ A deficiência de zinco no arroz é provavelmente o mais comum entre os micronutrientes. Segundo *GIORDANO* (1974) em solos calcários, orgânicos e alguns solos ácidos, com baixo teor em zinco nativo, manifestam-se sintomas de carência nesse cereal. Em meio redutor, *Tamata* e *Yoshida*, citados por *SANCHEZ* (1976) afirmam que o zinco é imobilizado na raiz devido aos radicais bicarbonatos. Segundo *MALAVOLTA* (1978) a aplicação de solução de sulfato de zinco nas folhas pode satisfazer a necessidade do arroz e prevenir a ocorrência

da deficiência.

*GRAEME (1978)* explica as mudanças que ocorrem no potencial redox dos solos anaeróbicos que afetam a composição e o equilíbrio mineral da solução do solo. Na ausência de oxigênio outras substâncias podem ser aceitadoras de elétrons e passam para a forma reduzida. No caso do enxofre pode ocorrer a seguinte reação:  $SO_4^{=2} + 10 H^+ + 8 e^- = H_2S + 4 H_2O$ . Na condição redutora, a disponibilidade do enxofre diminui e pode ocorrer a formação de  $H_2S$ , a nível tóxico. Segundo *Nearpass e Clark*, citado por *GRAEME (1978)*, plantas de arroz cultivadas em solos alagados, o teor de enxofre é menor do que nas plantas cultivadas em solos aeróbicos.

No solo a absorção do sulfato, forma na qual o enxofre é absorvido, é dependente da zona de oxidação vizinha as raízes onde pode existir na forma de sulfato ou da oxidação do sulfito para sulfato. (*GRAEME, 1978*).

A absorção do sulfato pela raiz ocorre tanto por difusão como fluxo de massa e dá-se em sítios específicos (*EPSTEIN, 1975*). Os compostos orgânicos podem ser sintetizados nas raízes, mas a grande parte é transportado para parte aérea na forma de sulfato.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1. Ensaio comparativo entre soluções nutritivas

###### 4.1.1. Cultivares

Foram utilizadas duas cultivares de arroz procedentes do Instituto Agronômico de Campinas, cujas características são:

1.1.1. I.A.C.47. Resultante do cruzamento artificial entre o cultivar I.A.C.1246 e a linhagem 587391, cuja finalidade foi incorporar maior resistência à cercosporiose. É de ciclo médio, porte médio e indicada para as condições de sequeiro. (BANZATTO *et alii*, 1978).

1.1.2. I.A.C.435. Resultante do cruzamento de dois híbridos; I.A.C.-1 e I.A.C.-3. É de ciclo tardio, porte alto e indicada para cultura irrigada. (ORSI, 1970).

#### 4.1.2. Germinação

As sementes foram desinfectadas em solução de "Q-Boa" a 5% durante dez minutos para eliminar inóculos patogênicos e postas a germinar em bandejas rasas sobre uma camada de vermiculita. As bandejas foram colocadas à temperatura, umidade e luz ambiente. Periodicamente as bandejas eram irrigadas com uma solução de  $\text{CaSO}_4$   $10^{-4}$  M.

#### 4.1.3. Tratamentos

Os tratamentos constituíram-se de duas soluções nutritivas; solução de *KARIM* e *VLAMIS* (1962) e a solução de *HOAGLAND* e *ARNON* nº 2 (1950), esta utilizada por *PEREIRA* e *VAZ QUEZ* (1964); ver Tabela 1.

Cada solução foi fornecida na presença e ausência de arejamento contínuo.

#### 4.1.4. Instalação e condução

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação. As plantas foram cultivadas em vasos de plástico com capacidade de 1 l/2 litros, pintados externamente com aluminol para evitar aquecimento excessivo das soluções nutritivas.

Dez dias após a germinação transferiu-se duas

nascediças para as soluções diluídas à metade da concentração original. Quinze (15) dias após, procedeu-se à renovação das soluções. A partir deste período, parte das soluções foram fornecidas na concentração original e parte na concentração diluída à metade na presença e ausência de arejamento. Na Tabela 2 encontram-se esquematizados os tratamentos e as respectivas repetições.

Nas soluções o pH foi determinado semanalmente com o "*pH Meter-Corning Digital 109*" e não houve necessidade de correção segundo *HEWIT (1962)*, exceção à solução deficiente em potássio.

#### 4.1.5. Colheita e análise

Quarenta dias após a germinação as plantas foram colhidas, anotou-se o número de perfilhos e o comprimento da raiz em cada vaso. A parte aérea e raízes foram separadas e colocadas em saco de papel e levadas para estufa a 70°C até atingir peso constante. Posteriormente foram pesadas e moídas em micromoinho; fez-se então a determinação do N total pelo método micro-Kjedahl.

#### 4.2. Ensaio de extração de nutriente

Neste ensaio foram utilizadas as mesmas culturas do ensaio anterior. As mudas foram obtidas com a técnica anteriormente descrita.

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas de HOAGLAND e ARNON nº 2 (1950) e KARIM e VLAMIS (1962)

Solução Estoque	Composição	
	ml/l *	ml/l **
KNO <sub>3</sub>	4	1
CaNO <sub>3</sub>	6	1
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	2
MgSO <sub>4</sub>	2	1
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	-
Solução a ***	1	-
Solução b ****	-	1
Fe-EDTA	1	1

\*Solução HOAGLAND e ARNON nº 2 (1950)

\*\*Solução KARIM e VLAMIS (1962)

\*\*\*Composição: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2,86 g/l; MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 1,81 g/l; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,22 g/l; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,08 g/l; H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O 0,02 g/l

\*\*\*\*Composição: KCl 3,7 g/l; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 1,6 g/l; MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O 0,9 g/l; ZnSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,6 g/l; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,13 g/l; H<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub> 0,02 g/l.

Tabela 2. Tratamentos e repetições (para cada cultivar)

Vaso nº	Solução de HOAGLAND & ARNON (1950) nº 2 diluída	Solução de KARIM & VLAMIS (1962) diluída	Solução de sem diluir	Solução de sem diluir
1 - 6	X			
7 - 12	X			
13 - 18			X	
19 - 24				X
25 - 30				X
31 - 36				X
37 - 42				X
43 - 48				X

dos grãos. Cada repetição foi colhida separadamente e as plantas foram divididas em; folhas, grãos com casca, colmo+panícula e raiz. O material foi lavado com água destilada, colocado em sacos de papel, seco em estufa a 70°C até atingir o peso constante, moído em moinho "Wiley", peneira de malha nº 20, e analisado para todos os elementos essenciais, segundo os métodos;

Nitrogênio - Auto Analizador Technicon II. Determinação em colorimetria de amônia com o complexo de indofenol azul.

Fósforo - Espectrofotometria por Fluxo Contínuo segundo *Ruzicka et alii (1975)*.

Potássio - Cálcio e Magnésio. Espectrofotometria de absorção atômica.

Enxofre - Turbidimetria em Fluxo Contínuo segundo *KRUG et alii (1979)*.

Boro - Colorimétrico segundo *DIBLE et alii (1954)*.

Molibdênio - Colorimétrico desenvolvido por *JOHNSON* e *ARKLEY (1954)*.

Cloro - Espectrofotometria por Fluxo Contínuo segundo *RUZICKA et alii (1976)*.

Cobre, Ferro, Manganês e Zinco - Espectrofotometria de absorção atômica.

#### 4.2.1. Instalação e condução

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação e se constituiu de oito (8) vasos com capacidade de 2 1/2 litros, pintados externamente com aluminol, com duas plantas por vaso. Cada cultivar foi repetido quatro (4) vezes.

A solução nutritiva utilizada foi a de *HOAGLAND* e *ARNON* nº 2 (1950), modificada quanto ao fornecimento de ferro que ocorreu na forma de Fe-EDTA. (*MALAVOLTA, 1974*). Tabela 1.

A renovação da solução nutritiva, ocorria quinzenalmente (15) e não foi utilizado arejamento. Diariamente o volume dos vasos foi completado com água destilada para suprir as perdas por evapotranspiração. O pH no presente ensaio foi determinado semanalmente. Nas medições realizadas, o pH apresentava-se entre 5,2 a 6,5 não sendo necessário correção (*HEWIT, 1962*).

Durante o ensaio foram feitas pulverizações contra ácaro e pulgão usando *BINAPACRYL* (4,6-dinitro-2-sec-butil-fenil-3,3-dimetiacrilato), *CITROTHIOL* pó molhável a 80% de S (enxofre) e *AZODRIN 60*, insecticida sistêmico fosfarado, tendo sido observadas as dosagens recomendadas no rótulo.

#### 4.2.2. Colheita e análise

A colheita ocorreu após a completa maturação

#### 4.3. Ensaio de correção radicular e foliar

Neste ensaio utilizou-se as mesmas cultivares dos ensaios anteriores. Para obter as mudas seguiu-se a mesma técnica descrita anteriormente.

##### 4.3.1. Instalação e condução

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação. Consistiu de oitenta e oito vasos de plástico pintados externamente com aluminol. Para cada vaso foi fornecido a solução de *HOAGLAND* e *ARNON* nº 2 (1950) diluída na proporção de 1 + 3 e cada vaso continha uma planta. As plantas permaneceram dez (10) dias na solução com esta concentração, e posteriormente em duas repetições de cada cultivar as plantas foram cultivadas na solução com a concentração original. Enquanto em seis repetições por cultivar, o nitrogênio foi fornecido em 1/10 da concentração existente na solução original. O mesmo procedimento fez-se com o fósforo, potássio e enxofre. Para os micronutrientes boro, cobre e zinco também com seis repetições por elemento e por cultivar, fez-se a omissão de cada um deles na solução nutritiva. Na Tabela 3 é relacionado o volume das respectivas soluções para a solução completa e deficientes.

Durante trinta e cinco dias as plantas foram cultivadas nas soluções deficientes atingindo o estágio de

Tabela 3. Tratamentos delineados para ambas as culturas com as respectivas soluções nutritivas usadas

T R A T A M E N T O S							
Soluções Estoques	Completo	- N	- P	- K	- S	- B	- Cu - Zn
	ml/l	ml/l	ml/l	ml/l	ml/l	ml/l	ml/l
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O M	4,0	0,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
KNO <sub>3</sub> M	6,0	0,6	6,0	0,6	6,0	6,0	6,0
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> M	1,0	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0
M <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O M	2,0	2,0	2,0	2,0	0,2	2,0	2,0
Solução a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,5 M		3,0					
CaSO <sub>4</sub> 0,01 M		200,0					
Ca (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O 0,05 M		10,0					
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			0,5				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> M				3,0			
Mg (NO <sub>3</sub> ) M					1,0		
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		1					
Fe-EDTA	1	1	1	1	1	1	1

\*\*Não foi fornecido B na Solução

\*\*\*Não foi fornecido Cu na Solução

\*\*\*\*Não foi fornecido Zn na Solução

perfilhamento. Após esse período as seis repetições de cada elemento foram divididas em três grupos, cada um com duas (2) repetições da seguinte maneira: duas repetições permaneceram na solução deficiente em macronutriente ou com omissão de mi cronutriente; em duas repetições fez-se a correção radicular substituindo-se a solução deficiente pela de concentração ori ginal; em duas repetições a solução continuou deficiente e aplicou-se o elemento via foliar.

A correção foliar foi feita em duas épocas, com intervalo de trinta dias. As aplicações foram feitas com pu lverizador manual, aplicando-se um volume aproximado de vinte e cinco (25) mililitro por repetição dos seguintes produtos e concentração.

Nitrogênio - Uréia  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  1%

Fósforo - Fosfato Diamônico  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  1%

Potássio - Sulfato de Potássio  $\text{K}_2\text{SO}_4$  1%

Sulfato - Sulfato de Potássio  $\text{K}_2\text{SO}_4$  1%

Boro - Ácido Bórico  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0,5%

Cobre - Sulfato de Cobre  $\text{CuSO}_4$  0,5%

Zinco - Sulfato de Zinco  $\text{ZnSO}_4$  0,5%

Quando se procedeu a aplicação, tomou-se precau ções para evitar contaminação da solução nutritiva existente nos vasos, cobrindo-os com plástico; e na base do colmo colo cou-se espumas.

As soluções nutritivas foram renovadas quinzenalmente, exceção feita para a solução deficiente em potássio que, devido ao pH atingir valor inferior a 5,0 era renovada semanalmente e as raízes lavadas com água destilada.

Não foi utilizado arejamento. Durante o ensaio foram feitas pulverizações contra pulgão e ácares usando MALATOL 50E, sendo observadas as seguintes recomendações do rótulo.

#### 4.3.2. Colheita e análise

A colheita ocorreu após a completa maturação dos grãos. Cada repetição foi colhida separadamente e as plantas divididas em: parte aérea, raiz e grãos com casca. As folhas foram separadas do colmo e lavadas com água destilada, individualizadas em sacos de papel, secos em estufa a 70°C até atingir peso constante, moído em moinho "Wiley" peneira malha nº 20 e analisados do modo já descrito. No tratamento completo fez-se análise de N, P, K, S, Cu e Zn enquanto nos outros determinou-se apenas o elemento em estudo.

#### 4.3.3. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas seguindo o modelo de análise não paramétrica, aplicando o teste de

*Kruskal-Wallis* citado por CAMPOS (1979). Segundo o autor, o teste de *Kruskal-Wallis* é o teste F, substituto das análises paramétricas dos ensaios inteiramente casualizados, aplicado às ordens das  $N = \sum_{i=1}^k M_i$  observações: quando classificadas conjuntamente. Sua finalidade é averiguar se K amostras independentes são provenientes de uma mesma população ou de populações idênticas, ou provêm de populações distintas. O método é definido estatisticamente como sendo:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad \text{onde;}$$

N = número total de dados

$n_i$  = número de dados no tratamento i

$R^2$  = é a soma das ordens atribuídas ao tratamento i

Ainda segundo CAMPOS (1979), para  $K > 3$ , aplica-se a aproximação do  $\chi^2$ , com (K-1) graus de liberdade e consulta-se o nível de significância para o valor de H calculado, numa tabela comum de  $\chi^2$ .

Quando pelo teste de *Kruskal-wallis* é admitido que pelo menos dois tratamentos diferem entre si, o emprego das comparações múltiplas pode ser encarado como uma complementação cuja finalidade é localizar as diferenças significativas entre pares de tratamentos. No presente ensaio as comparações múltiplas envolvem apenas os contrastes: testemunha

(solução completa) os tratamentos (solução deficiente, correção foliar e radicular). Assim a d.m.s. é definida como sendo;

$$\text{d.m.s.} = q_i \sqrt{\frac{N(N+1)}{6n}} \quad \text{onde: } N \text{ corresponde ao}$$

número total de dados; n número de dados no tratamento e  $q_i$  é dado em tabela estruturada para  $K > 3$  e uma taxa  $\alpha$  entre 0,05 a 0,01. Haverá diferença se as médias das ordens entre contrastes for  $\geq$  a m.d.s. (CAMPOS, 1979).

## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.1. Ensaio comparativo de solução nutritiva

Comparando os dados das Tabelas 4 e 5, observa-se que as plantas cultivadas com nitrato, solução de *KARIM* e *VLAMIS (1962)*, apresentaram menor produção de matéria seca e teor de nitrogênio, tanto na parte aérea como nas raízes. Na solução com nitrato as plantas depois de poucos dias mostravam-se menos vigorosas e as folhas emergentes eram cloróticas.

*Kelly*, citado por *PATRICK* e *MAHAPATRA (1968)*, observou em nascediças de arroz clorose nas plantas alimentadas com nitrato.

As plantas da solução contendo nitrato e amônia, ao contrário, apresentavam-se com uma cor verde e sem os sintomas descritos por *KARIM* e *VLAMIS (1962)* e *IMAI (1977)* atribuído à toxidez da amônia. A concentração desta solução era menor que as utilizadas pelos referidos autores o que deve explicar a diferença observada.

Nas Tabelas 4 e 5, observa-se que a concentração de nitrogênio nas plantas cultivadas com os dois íons foi superior a 4,0%. Este nível é próximo aos níveis ótimos relatados por *ISHIZURA (1971)* e *MALAVOLTA (1978)* para planta de arroz aos trinta dias de idade. Nas plantas com nitrato o teor de nitrogênio foi inferior a 3,5% na matéria seca. Pode-se supor que, devido ao fato de ser a reductase do nitrato uma enzima de síntese induzida pelo substrato, as plantas recebendo a solução de *KARIM* e *VLAMIS (1962)* eram deficientes em nitrogênio o que é apoiado pela sintomatologia.

A maior produção de matéria seca nas plantas alimentadas com nitrato e amônia é explicado por *COX* e *REISENAUER (1962)* pelo menor gasto de energia na utilização metabólica do nitrogênio.

A aeração teve efeito negativo na produção da matéria seca em ambas as cultivares quando foi usada na solução de *HOAGLAND* e *ARNON (1950)*. Entretanto, na solução de *KARIM* e *VLAMIS (1962)* o efeito da aeração não se verificou.

Com respeito à variação do pH nas duas soluções na Tabela 6 não se observa mudanças que afetassem a disponibilidade dos nutrientes. (*HEWIT, 1952*).

Tabela 4. Parâmetro de crescimento dos dois cultivares de arroz, cultivados em solução - *KARIM* e *VLAMIS* (1962)(\*)

Solução	Parte aérea g/planta	Raiz g/planta	nº de perfilhos plantas	Raiz cm	%N Raiz	%N Parte aérea
Cultivar I.A.C.435						
<u>diluída</u>						
+ ar	0,13	0,05	1,00	32,58	1,25	3,47
- ar	0,12	0,05	0,80	30,33	1,21	3,05
<u>sem diluir</u>						
+ ar	0,16	0,06	1,08	32,16	1,40	3,32
- ar	0,12	0,03	1,08	29,16	1,25	3,29
Cultivar I.A.C.47						
<u>diluída</u>						
+ ar	0,13	0,05	1,00	32,58	1,25	3,47
- ar	0,12	0,05	0,83	30,33	1,20	3,44
<u>sem diluir</u>						
+ ar	0,16	0,06	1,08	32,16	1,40	3,37
- ar	0,12	0,03	1,08	29,16	1,25	3,29

Média de seis repetições

Tabela 5. Parâmetros de crescimento das duas cultivares de arroz, cultivados em solução nutritiva de HOAGLAND e ARNON (1950)\*

	Parte aérea (g/planta)	Raiz (g/planta)	Nº de perfilhos/ planta	Raiz cm	Raiz %N	Parte aérea
Cultivar <u>I.A.C.435</u>						
<u>diluida</u>						
+ ar	0,69	0,16	3,16	37,91	2,10	4,01
- ar	0,93	0,21	3,58	29,41	2,28	4,34
<u>sem diluir</u>						
+ ar	0,73	0,23	3,40	34,85	2,46	4,22
- ar	1,08	0,29	3,66	29,25	2,33	4,32
Cultivar <u>I.A.C.47</u>						
<u>diluida</u>						
+ ar	0,83	0,30	3,58	36,91	2,22	4,13
- ar	1,07	0,33	4,33	31,41	1,99	4,00
<u>sem diluir</u>						
+ ar	0,73	0,23	3,83	34,83	2,22	4,24
- ar	1,15	0,32	4,66	32,33	2,05	4,16

\*Média de seis repetições

Tabela 6. Medições semanais do pH nas duas soluções (\*)

Solução	1 <sup>a</sup> semana	2 <sup>a</sup> semana	3 <sup>a</sup> semana	4 <sup>a</sup> semana
<i>HOAGLAND &amp; ARNON (1950)</i>				
Sem arejamento				
I.A.C.47	5,58	5,20	6,41 5,42	6,00 5,20
I.A.C.435	5,58	5,26	5,16 5,77	5,90 5,30
Com arejamento				
I.A.C.47	5,69	5,30	5,92 5,40	5,60 5,30
I.A.C.435	5,25	5,00	5,87 5,60	5,50 5,30
<i>KARIM &amp; VLAMIS (1968)</i>				
Sem arejamento				
I.A.C.47	5,87	6,00	6,16 6,12	6,20 6,70
I.A.C.435	5,88	5,90	6,65 6,14	5,80 6,20
Com arejamento				
I.A.C.47	6,25	5,50	6,54 6,08	6,70 6,20
I.A.C.435	5,69	5,70	6,28 6,14	6,40 6,25

(\*) 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> semanas primeira coluna corresponde à solução diluída na proporção 1 + 2.

## 5.2. Produção de matéria seca

As cultivares apresentaram diferentes potenciais de colheitas, conforme se vê nas Tabelas 7 e 8. A cultivar I.A.C.47 produziu mais grãos com casca, porém a produção de raiz, folhas e colmo+panícula foi inferior à de cultivar I.A.C.435.

Tabela 7. Produção de matéria seca em kg/ha segundo a cultivar\*

Cultivar	Colmo+panícula	Folha	Raiz	Grãos com casca
I.A.C.47	5.710	2.468	941	2.225
I.A.C.435	7.430	3.304	970	1.722

\*Produção calculada em 250.000 plantas por hectare, segundo SOARES *et alii* (1979).

EPSTEIN (1975) relata que em cultivares diferentes da mesma espécie vegetal, verifica-se com frequência grandes variações na sua composição mineral que afeta a eficiência da planta em produzir matéria seca.

*FURLANI et alii* (1977) colheram amostras de três cultivares de arroz semeadas no campo e encontraram diferentes potenciais de colheitas. A cultivar I.A.C. 435 produziu 9.341 kg/ha de massa seca na parte aérea e 4.115 kg/ha de grãos com casca. Como se observa na Tabela 7, a produção de grãos com casca na mesma cultivar estudada por *FURLANI et alii* (1977) foi inferior à produção relatada pelos verificados autores. Enquanto a produção de massa seca da parte aérea foi superior à produção relatada pelos autores citados.

Para a cultivar I.A.C. 47 não foi encontrado na literatura disponível sobre a produção.

### 5.3. Composição mineral

#### 5.3.1. Nitrogênio

O teor de nitrogênio encontrado é superior àquela relatado por *GARGANTINI e BLANCO* (1965), em plantas de arroz cultivadas em vasos com solo e nas amostras de *FURLANI et alii* (1977) colhidas no campo.

O teor de nitrogênio decresce na seguinte ordem nas duas cultivares: folha > grãos com casca > colmo+panícula > raiz, é o que se vê na Tabela 8.

Segundo *GARGANTINI e BLANCO* (1965) o teor de nitrogênio em plantas de arroz com 150 dias de idade no campo é maior nos grãos intermediários da raiz e menor na parte aérea. *FURLANI et alii* (1977) verificaram nas amostras da cultivar I.A.C. 435 colhidas no campo, que o teor de nitrogênio decresce na seguinte ordem: grãos descascados > casca > folha > colmo.

Como se vê na Tabela 8, os dados não estão em acordo com os autores citados. Segundo *EPSTEIN (1975)* o nitrogênio é o elemento que se apresenta com maior dinâmica na planta, sendo que seu movimento (transporte, distribuição e redistribuição) é regulado geneticamente e que pode variar em função do estágio nutricional e fatores ambientais.

Para *TAKAHASHI (1960)* o teor máximo de nitrogênio no arroz ocorre no perfilhamento, enquanto na colheita os grãos contêm 1,20% de nitrogênio, próximo ao valor dado na Tabela 8.

### 5.3.2. Fósforo

O fósforo, entre os macronutrientes, é dos mais móveis. Sendo de fácil redistribuição na planta, parte do fósforo absorvido se acumula nos grãos *ISHIZUKA (1971)*; *MALAVOLTA et alii (1974)*.

O teor de fósforo apresentou a seguinte ordem decrescente: I.A.C.47 raiz > grãos com casca > colmo+panícula > folhas; I.A.C.435 grãos com casca > colmo+panícula > folhas, (ver Tabela 8).

*GARGANTINI e BLANCO (1965)* relatam que a maior parte do fósforo absorvido encontra-se nos grãos, seguindo-se a parte aérea e a raiz. *FURLANI et alii (1977)* observam que

o teor de fósforo decresce na seguinte ordem na cultivar I.A.C.435 no campo: grãos descascados > casca > colmo > folhas. Isto coincide em parte com a ordem encontrada na cultivar I.A.C.435 no presente ensaio, mas diverge da encontrada na I.A.C.47.

O teor de fósforo na parte aérea está de acordo com *SIMS* e *PLACE (1968)*.

### 5.3.3. Potássio

É o catiônico mais abundante no tecido, sendo bem conhecido o fenômeno da "alimentação de luxo" (*MALAVOLTA, 1976*). Este nutriente apresenta-se móvel no floema e se redistribui eficientemente das partes inferiores para os órgãos para os órgãos em crescimento (*EPSTEIN, 1975*).

Nas duas cultivares estudadas o teor de potássio decresce na seguinte ordem: colmo+panícula > folhas > raiz > grãos com casca.

*GARGANTINI* e *BLANCO (1965)* afirmam que o teor de potássio decresce na seguinte ordem: parte aérea > grãos > raiz. *FURLANI et alii (1977)* relatam que na cultivar I.A.C.435, o teor de potássio decresce na seguinte ordem: colmo > folhas > casca > grãos descascados, o que é concordante em parte, com

os dados do presente ensaio para as duas cultivares.

O teor de potássio relatado na Tabela 8 está de acordo com o encontrado por *GARGANTINI* e *BLANCO* (1965) na parte aérea.

#### 5.3.4. Cálcio

Este elemento é absorvido na forma de  $\text{Ca}^{2+}$  e apresenta entre os macronutrientes, a menor mobilidade na planta. O cálcio desempenha importante papel na formação do tecido, estando preso a grupos carboxílicos, fenólicos, e outros (*EPSTEIN*, 1975).

O teor de cálcio nas duas cultivares decresce na mesma ordem: folhas > raiz > colmo+panícula > grãos com casca, conforme se observa na Tabela 8.

Para *MALAVOLTA et alii* (1974), o cálcio não se redistribui facilmente na planta e seu teor nos grãos é resultante da absorção do elemento após a frutificação e condução no xilema.

Para *GARGANTINI* e *BLANCO* (1965) o teor de cálcio no arroz decresce na seguinte ordem: parte aérea > raiz > grãos. Para *FURLANI et alii* (1977) três cultivares em campo apresentaram a seguinte ordem decrescente no teor de cálcio: folhas > colmo > casca > grãos descascados.

### 5.3.5. Magnésio

Este elemento é constituinte metálico da molécula da clorofila; participa da síntese de proteína e é ativadora enzimática (EPSTEIN, 1975). O magnésio absorvido é transportado pelo xilema para a parte aérea das plantas, na qual é de fácil redistribuição (MALAVOLTA, 1976).

O teor de magnésio decresce na seguinte ordem: na cultivar I.A.C.47 - folhas > colmo+panícula > grãos com casca > raiz; I.A.C.435 - folha > colmo+panícula > grãos com casca > raiz; ver Tabela 8.

GARGANTINI e BLANCO (1965) encontraram a seguinte ordem decrescente no teor de magnésio: parte aérea > raiz > grãos. FURLANI et alii (1977) observaram na cultivar I.A.C.435 cultivada em campo que o teor de magnésio decresce na seguinte ordem: casca > grãos descascados > folhas > colmo.

Os dados do presente ensaio são discordantes daqueles obtidos pelos autores citados; contudo os teores de magnésio nos grãos e nas folhas estão em acordo com GARGANTINI e BLANCO (1965) e WARD et alii (1973), respectivamente.

### 5.3.6. Enxofre

O enxofre é absorvido predominantemente na forma de sulfato. No floema é pouco móvel e de difícil redistribuição (EPSTEIN, 1975).

O teor de enxofre nas cultivares I.A.C.47 de cresce na seguinte ordem: folha > colmo+panícula > raiz > grãos com casca; na I.A.C.435 - Folhas > colmo+panícula > raiz > grãos; ver Tabela 8.

FURLANI *et alii* (1977) relatam que em amostras colhidas no campo, o teor de enxofre em três cultivares de cresce na seguinte ordem: - grãos descascados > colmos > casca > folha.

Confrontando os dados do presente ensaio com os de FURLANI *et alii*, observa-se discordância entre eles; entretanto, o teor foliar de enxofre nas duas cultivares encontram-se entre os níveis crítico e tóxico no estágio de maturação dos grãos relatados por Ponnampereuma citado por LOCKARD *et alii* (1972) e MALAVOLTA *et alii* (1974).

### 5.3.7. Boro

Segundo EPSTEIN (1975), o boro apresenta entre os micronutrientes uma singularidade a respeito da peguena

Tabela 8. Médias da produção de massa seca e teor dos macronutrientes em diversas partes das duas cultivares de arroz\*

Parte da planta e cultivar	Matéria seca g/planta	N	P	K	Ca	Mg	S
%							
Raiz							
I.A.C.47	3,76	1,30	0,74	0,80	0,68	0,07	0,47
I.A.C.435	3,88	1,59	0,35	0,72	0,42	0,04	0,34
Colmo+panícula							
I.A.C.47	22,84	1,65	0,26	1,60	0,20	0,14	0,41
I.A.C.435	29,72	1,80	0,37	1,84	0,25	0,13	0,33
Folhas							
I.A.C.47	9,87	2,26	0,14	1,18	0,85	0,40	0,70
I.A.C.435	13,21	2,62	0,16	1,18	0,66	0,41	0,49
Grãos c/ casca							
I.A.C.47	8,9	1,75	0,44	0,22	0,07	0,07	0,10
I.A.C.435	6,8	1,90	0,48	0,28	0,08	0,07	0,10

\*Quatro repetições

faixa entre o nível adequado e o nível tóxico. *Hirai*, citado por *ISHIZUKA (1971)* diz que o teor de boro na planta de arroz varia com as partes da planta, sendo maior na folha e colmo e menor na raiz.

Nas duas cultivares estudadas o teor de boro de cresce na seguinte ordem: folha > raiz > colmo+panícula > grãos com casca (Tabela 9).

*FURLANI et alii (1977)* encontraram nas três cultivares, a seguinte ordem decrescente em relação ao teor de boro: folha > colmo > grãos com casca > casca. Isto concorda, em parte, com os dados obtidos no presente ensaio.

O teor foliar dado na Tabela 9, encontra-se entre os níveis crítico e tóxico relatados por *Ponnamperuma* citado por *LOCKARD et alii (1972)*.

#### 5.3.8. Cloro

A absorção de cloro muita vez excede as necessidades da planta. Na TAbela 9 vê-se que o cloro é o microutriente mais absorvido nas duas cultivares.

O teor de cloro nas duas cultivares decresce na seguinte ordem: folhas > colmo+panícula > grãos com casca > raiz, conforme se vê na Tabela 9.

*FURLANI et alii (1977)* encontraram na cultivar

I.A.C.435 a seguinte ordem decrescente: colmo > folhas > casca > grãos descascados. *KARIM* e *VLAMIS* (1962) cultivaram em solução nutritiva plantas de arroz e encontraram nos grãos 562 p.p.m. de cloro e na parte aérea 747 p.p.m.

Comparando os dados obtidos no presente ensaio com os dos autores, observa-se que há discordância entre eles. Segundo *MENGEL* e *KIRKBY* (1978) muitas espécies vegetais absorvem o cloro rapidamente e acumulam considerável quantidade.

#### 5.3.9. Cobre

Segundo *ISHIZUKA* (1971) o cobre é facilmente absorvido pelo arroz. Sua mobilidade na planta é dependente do seu teor. Em plantas bem supridas em cobre, pode ocorrer deslocamento das folhas para os grãos (*MENGEL* e *KIRKBY*, 1978).

Nas duas cultivares, conforme se vê na Tabela 9, o teor de cobre decresce na seguinte ordem: I.A.C.47 - raiz > folhas > colmo+panícula > grãos com casca; a I.A.C.435 decresce na seguinte ordem: folhas > colmo+panícula > raiz > grãos com casca.

Para *FURLANI et alii* (1977) o teor de cobre na cultivar I.A.C.435, decresce na seguinte ordem: casca > grãos descascados > folhas = colmo. *SOUZA* e *HIROCE* (1970) relatam que amostras colhidas no campo e que receberam adubação de N,

P, K e manganês, o teor de cobre nas folhas das plantas na fase de frutificação varia entre 29,4 a 15,9 p.p.m. *KARIM* e *VLAMIS* (1962) cultivaram plantas de arroz, cultivar "caloro", em solução nutritiva e encontraram nos grãos teor de cobre igual a 12,4 p.p.m.

Os dados do presente ensaio são discordantes dos dados de *FURLANI et alii* (1977); os teores da folha são concordantes com os dados de *SOUZA* e *HIROCE* (1970) e o teor nos grãos na cultivar I.A.C.47 é próximo ao teor relatado por *KARIM* e *VLAMIS* (1962).

### 5.3.10. Ferro

O ferro é o segundo micronutriente mais absorvido pelas duas cultivares, conforme mostra a Tabela 9. O teor de ferro decresce na seguinte ordem: raiz > folha > colmo+panícula > grãos com casca.

*FURLANI et alii* (1977) relatam que nas amostras da cultivar I.A.C.435 colhidas no campo, o teor de ferro cresce na seguinte ordem: folhas > colmos > grãos descascados. *EPSTEIN* (1975) afirma que a maior parte do ferro absorvido encontra-se na raiz, devido à lenta translocação do elemento para parte aérea e a presença de competidores no tecido condutor, o que os dados obtidos confirmam.

*SOUZA e HIROCE (1970)* relatam que o teor de ferro nas folhas das plantas de arroz cultivadas no campo é superior ao teor mencionado na Tabela 9. No entanto, os teores de ferro nas folhas das duas cultivares encontrados no presente ensaio estão de acordo com *FURLANI et alii (1977)*.

### 5.3.11. Manganês

O manganês é um nutriente que se transloca lentamente dos órgãos mais velhos para o tecido meristemático.

O teor de manganês nas duas cultivares decresce na seguinte ordem: I.A.C.47 - folhas > grãos com casca > raiz > colmo+panícula; na I.A.C.435 - folhas > grãos com casca > colmo+panícula > raiz. Ver Tabela 8.

*FURLANI et alii (1977)* encontraram na cultivar I.A.C.435 cultivada no campo, a seguinte ordem decrescente: folha > colmo > grãos descascados > casca.

Os dados do presente ensaio estão em desacordo com os de *FURLANI et alii (1977)*; entretanto, os teores de manganês nas folhas das duas cultivares estão dentro dos níveis adequados citados por *JONES (1972)*.

### 5.3.12. Molibdênio

Entre os micronutrientes essenciais para as plantas, a quantidade de molibdênio absorvida é a menor (*EPSTEIN, 1975*). Segundo *TIFFIN (1972)* o molibdênio existente nas sementes é suficiente para o crescimento de muitas plantas.

O teor de molibdênio nas duas cultivares de cresce na seguinte ordem (Tabela 8): I.A.C. - folhas > colmo > grãos com casca > raiz; I.A.C. - folhas > colmo+panícula > raiz > grãos com casca.

*FURLANI et alii (1977)* relatam que amostras da cultivar I.A.C.435 colhidas no campo, o teor de molibdênio de cresce na seguinte ordem: casca > grãos descascados = folha > olmo. Esses dados em parte discordam dos obtidos no presente ensaio.

Os teores de molibdênio nas folhas são superiores aos mencionados por *FURLANI (1977)*. No entanto, estão em acordo com os níveis adequados mencionados por *REISENAUER (1967)*.

### 5.3.13. Zinco

Segundo *MENGEL e KIRKBY (1978)* o zinco é imóvel na planta, acumulando-se tecido radicular e nas folhas mais

velhas. *LOCKARD et alii* (1972) e *GILMOUR* (1973) afirmam que a absorção máxima de zinco ocorre no estágio juvenil devido à produção de auxina cuja formação é dependente de zinco.

O teor de zinco nas duas cultivares decresce na seguinte ordem: I.A.C.47 - folha > grãos com casca > raiz = colmo+panícula; na I.A.C.435 - colmo+panícula > grãos com casca > raiz > folhas. (Tabela 9).

*FURLANI et alii* (1977) relatam que o teor de zinco na I.A.C.435, decresce na seguinte ordem: colmo > casca > grãos descascados > folha. No entanto, os teores de zinco nas folhas, estão dentro dos níveis adequados relatados por *WARD et alii* (1973).

#### 5.4. Extração de macro e micronutriente

Com base na produção de matéria seca (Tabela 7) e nos teores médios dos nutrientes determinados nas análises químicas (Tabela 8 e 9) foram estimadas as quantidades em que cada nutriente é extraído pelo arroz, admitindo-se uma população de 250.000 plantas por hectare.

Nas Figuras 1 e 2, observa-se que na planta inteira, o acúmulo dos macronutrientes obedece a seguinte ordem: I.A.C.47 - N > K > S > Ca > P > Mg; I.A.C.435 - N > K > S = Ca > P > Mg. Nas Figuras 3 e 4, vê-se que o acúmulo dos micro

Tabela 9. Teor médio dos micronutrientes em diversas partes de duas cultivares de arroz \*

Parte da planta e cultivar	B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
<b>Raiz</b>							
I.A.C.47	57,3	375,0	43,5	1486,0	35,3	0,13	27,3
I.A.C.435	51,9	462,5	22,3	540,5	10,4	0,26	27,2
<b>Colmo+panícula</b>							
I.A.C.47	24,9	816,5	21,0	251,0	32,7	0,19	26,4
I.A.C.435	24,5	600,0	22,8	248,5	26,8	0,26	33,4
<b>Folhas</b>							
I.A.C.47	78,2	941,0	23,5	259,9	90,1	0,29	33,5
I.A.C.435	73,9	850,0	23,0	287,5	86,1	0,34	27,0
<b>Grãos c/ casca</b>							
I.A.C.47	8,6	706,0	12,2	41,8	36,2	0,17	32,8
I.A.C.435	10,0	887,0	17,3	41,2	31,2	0,15	31,7

\*Média de quatro repetições; matéria seca dada na Tabela 8.8

nutrientes nas duas cultivares segue a mesma ordem decrescente:  
Cl > Fe > Mn > B > Zn > Cu > Mo.

Confrontando os dados encontrados no presente ensaio com aqueles relatados por *FURLANI et alii* (1977) e *GILMOU* (1977), estes utilizando como substrato para as plantas o solo e separação diferente das partes da planta, observa-se que a concordância dos dados é parcial.

Nas figuras 1, 2, 3 e 4 vê-se que, devido ao efeito varietal na produção de matéria seca, a cultivar I.A.C. 435, extrai maior quantidade dos nutrientes que a cultivar I.A.C. 47, exceção de enxofre e ferro.

Nas figuras 1 e 2 observa-se que os micronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre encontram-se em maior proporção nos colmos+panículas, enquanto o Ca e Mg o fazem nas folhas.

Para *GARGANTINI e BLANCO* (1965), *MALAVOLTA et alii* (1974) e *MENGEL e KIRKBY* (1978) os grãos contêm a maior parte do nitrogênio e fósforo absorvidos. Ressalve-se no entanto, que no presente ensaio, a panícula, componente do órgão floral (*CHANG e BARDENAS*, 1965), foi destacada dos grãos e analisada conjuntamente com o colmo, o que deve explicar a predominância de nitrogênio e fósforo no colmo+panícula.

Para o potássio, o dado obtido é explicado pela

redistribuição do elemento entre os tecidos com idade diferentes. Segundo *MENGEL* e *KIRKBY* (1978) as quantidades de potássio que são importadas e exportadas nas folhas mais velhas são quase equivalentes.

O cálcio apresenta-se pouco móvel no floema, sendo depositado nas folhas mais velhas (*EPSTEIN*, 1975), o que explica os dados obtidos, que também concordam com os de *GARGANTINI* e *BLANCO* (1965) e *FURLANI et alii* (1977).

A maior parte do magnésio e do enxofre absorvidos, segundo *FURLANI et alii* (1977) encontra-se nos grãos, diferindo portanto dos dados obtidos no presente ensaio.

Para os micronutrientes, figuras 3 e 4, percebe-se que o cloro, cobre, ferro, molibdênio e zinco encontram-se em maior quantidade nos colmos+panículas, enquanto a maior parte do boro e manganês encontram-se nas folhas.

Para *FURLANI et alii* (1977) na cultivar I.A.C. 435, a maior parte de boro, ferro e manganês absorvidos encontram-se nas folhas; a de cloro no colmo e a de cobre, molibdênio e zinco nos grãos descascados, diferindo em parte dos dados obtidos no presente ensaio.

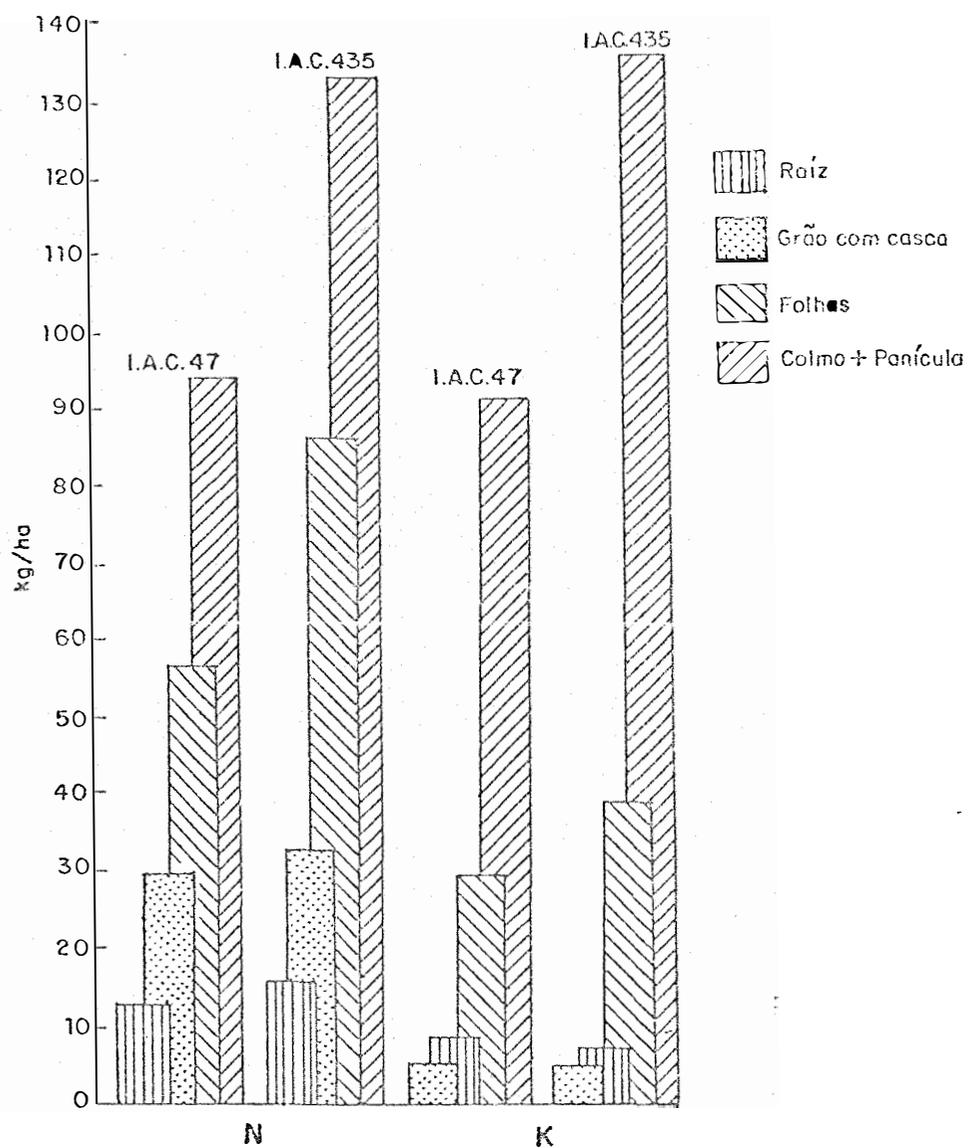


Figura 1 - Quantidades de nitrogênio e potássio extraídas em kg/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada em 250.000 plantas/ha.



Figura 2 - Quantidades de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre extraídas em kg/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada em 250.000 plantas/ha.

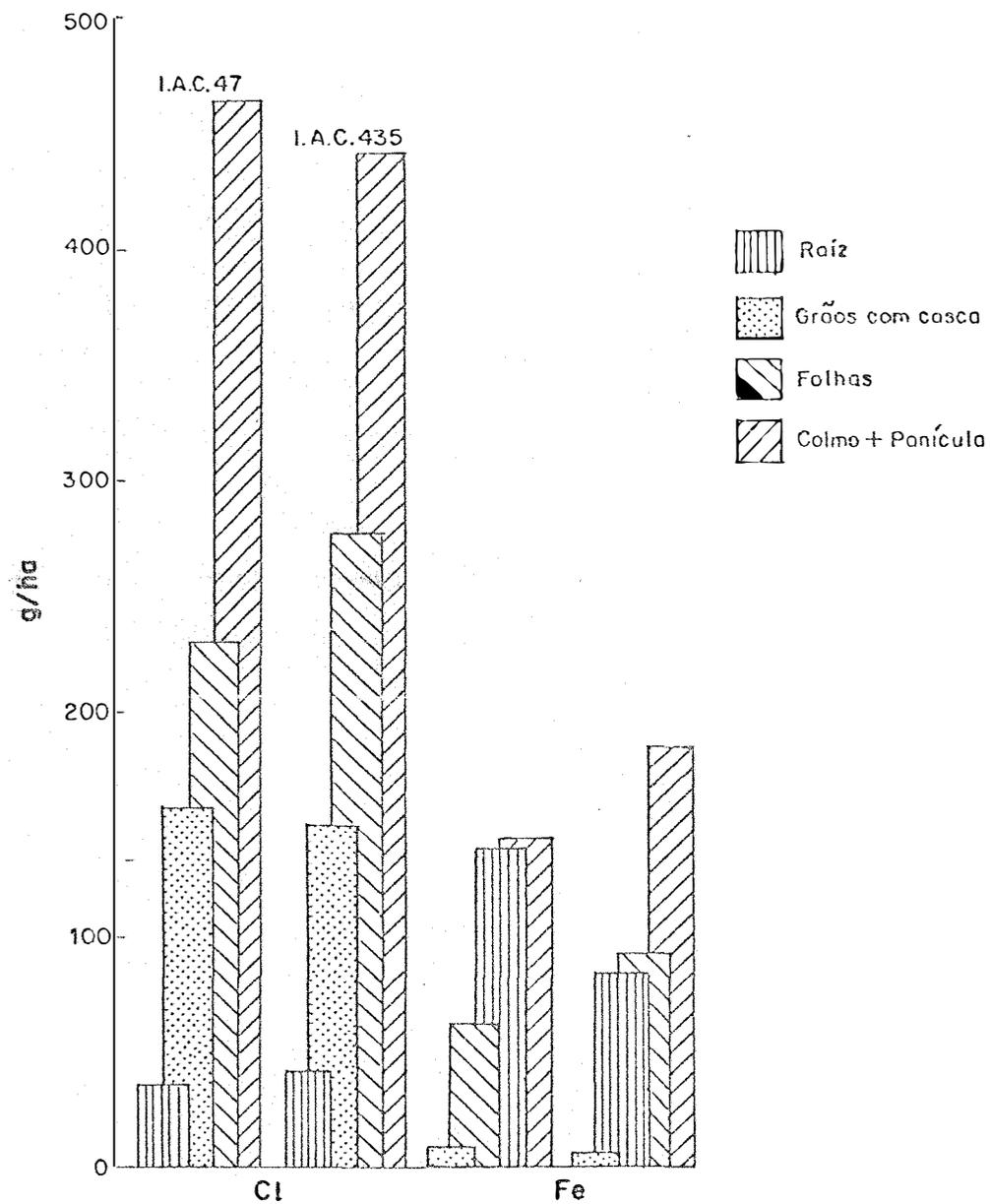


Figura 3 - Quantidades de cloro e ferro extraídas em g/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada em 250.000 plantas/ha.

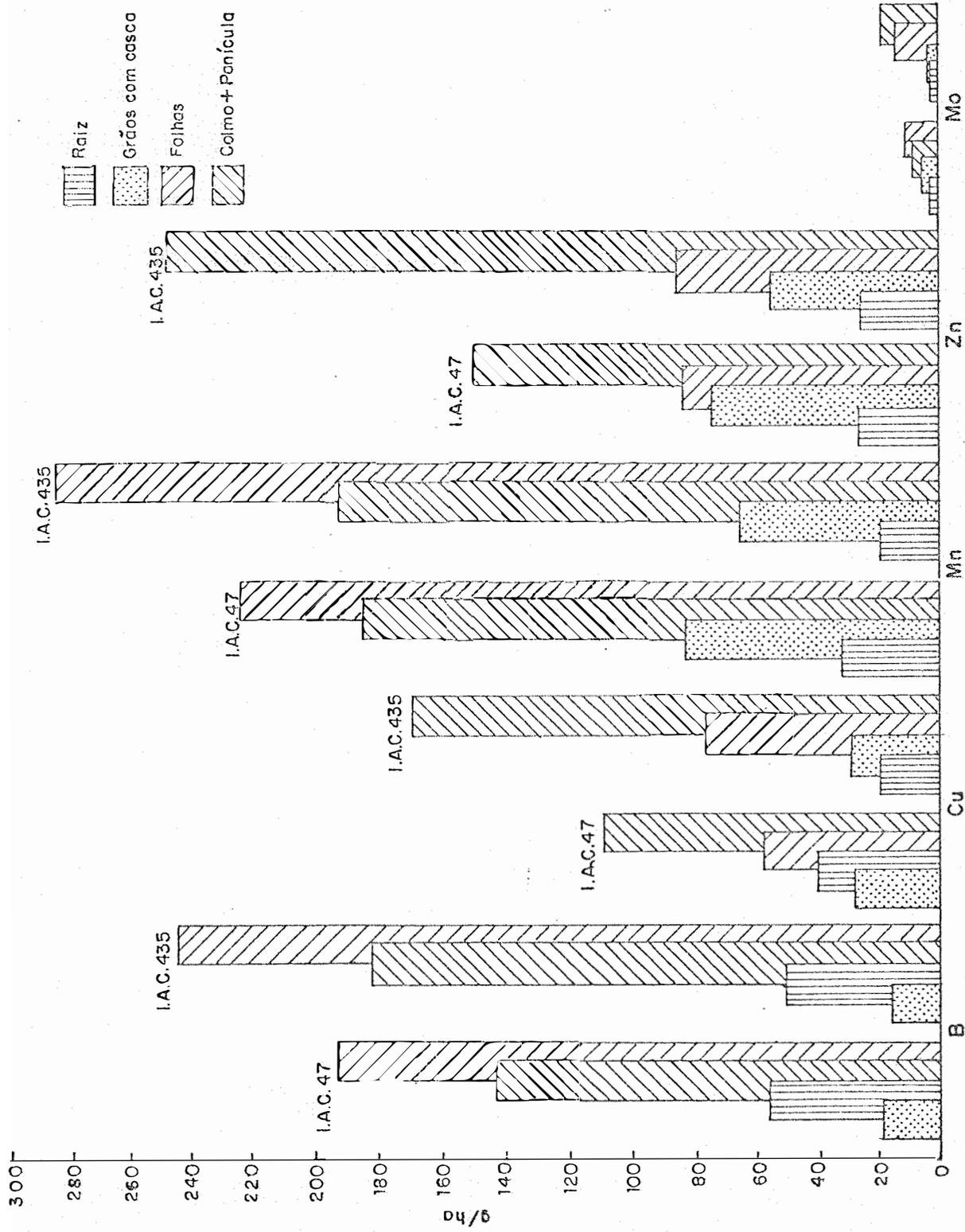


Figura 4 - Quantidades de boro, cobre, manganês, zinco e molibdênio extraídas em g/ha pelas duas cultivares de arroz. População calculada de 250.000 plantas/ha.

### 5.5. Relação N:P:K na parte aérea

A extração dos nutrientes pelas culturas constitui num indicador da necessidade de adubação. A quantidade real que é retirada do sistema solo pelas colheitas, corresponde a porção da planta que não volta ou não permanece no solo. Na colheita do arroz apenas as raízes permanecem no solo. Segundo *FRIED* e *BROESHART* (1967) entre os macronutrientes, a quantidade de fósforo removida pelas culturas tem pouco valor como recomendação à adubação, devido a forte interação entre fertilizante e solo. No entanto para o nitrogênio e potássio, elementos móveis com a solução do solo, as quantidades removidas podem ser úteis para adubação.

A proporção na qual os três macronutrientes encontram-se na parte aérea é semelhante àquela proposta por *MALAVOLTA* (1976) e *FURLANI et alii* (1977).

Na cultivar I.A.C.47 os três macronutrientes estão na seguinte proporção: 5,7:1:4,4, na cultivar I.A.C.435 a proporção é 6,1:1:4,4.

### 5.6. Ensaio de correção

#### 5.6.1. Nitrogênio

Na tabela 10 e Figura 5 observa-se que a apli-

cação de nitrogênio aumentou a produção de matéria seca na parte aérea e nos grãos que, entretanto, foi inferior à obtida no tratamento "completo".

Comparando-se os dois tipos de correção, percebe-se que a radicular mostrou-se mais eficiente na produção de grãos em ambas cultivares, enquanto a produção de matéria seca na parte aérea variou em função da cultivar e método de correção, conforme se vê na mesma tabela e figura.

O nitrogênio está implicado no desenvolvimento vegetativo das plantas e sua aplicação tem efeito no aumento da matéria seca (*Chandrata*, citado por *DATTA et alii* 1969). Para *KOYAMA et alii* (1973), o parcelamento da dose de nitrogênio no perfilhamento, provoca diferentes respostas na produção de matéria seca. Segundo *TANAKA* (1969) o fornecimento de nitrogênio em arroz pode aumentar a massa vegetativa sem correspondente aumento na produção de grãos, o que explica o observado na cultivar I.A.C.435.

A análise estatística, segundo o teste de *Kruskal-Wallis*, revela diferenças significativas ao nível de 5 a 10% entre tratamentos, exceção feita para o caso do teor de N nas folhas. A comparação múltipla entre as médias mostra que apenas os tratamentos completo e deficientes são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, o que não acontece, porém, quanto ao teor de nitrogênio, conforme

se vê na Tabela 11.

*VAHL* e *GOMES* (1977) em trabalho conduzido no campo, não encontraram diferença estatística na produção de grãos entre a aplicação radicular e foliar de nitrogênio, o que concorda com os dados apresentados.

### 5.6.2. Fósforo

A absorção de fósforo em arroz é contínuo (*GARGANTINI* e *BLANCO*, 1965) e aumenta com a idade da planta (*SIMS* e *PLACE*, 1968).

Conforme se vê na Tabela 12, a aplicação de fósforo via raiz ou folha, aumentou a produção de matéria seca, sendo que nas duas cultivares a aplicação foliar foi superior à radicular na produção de matéria de parte aérea. A cultivar I.A.C.435, os dois tratamentos mostraram-se superior ao completo na produção de matéria seca na parte aérea.

Segundo *FAO/IAEA* (1970) a aplicação de fósforo próximo ao perfilhamento resulta no melhor aproveitamento do elemento pelo arroz. *BASAK* (1962) informa que a assimilação de fósforo em arroz, aumenta com a aplicação de nitrogênio. A superioridade da correção foliar na produção de matéria seca na parte aérea e na raiz sobre os demais tratamentos na cultivar I.A.C.435 e sobre os tratamentos correção radicular

e deficiente na I.A.C.47 pode ser decorrente, em parte, do e feito do ion  $(\text{NH}_4)_2$  acompanhante do fósforo.

A produção obtida nos dois tratamentos de correção nas duas cultivares foi inferior ao tratamento completo, como se observa na Tabela 12. Comparando as produções de grãos nos tratamentos de correção e deficiente conclui-se que são iguais na I.A.C.47; na cultivar I.A.C.435 a foliar foi superior aos outros dois (Figura 5).

A análise estatística, segundo o teste de Krus*kal-Wallis*, revela que há diferenças entre os tratamentos ao nível de 5 a 10% de significância entre tratamentos, exceto na produção de raiz de grãos. A comparação múltipla entre médias, mostra que apenas os tratamentos completo e deficiente diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância, exceção feita para os dados de produção de grãos e matéria seca da raiz, conforme se vê na Tabela 13.

### 5.6.3. Potássio

Segundo *SIMS* e *PLACE* (1968) a absorção de potássio pelo arroz é contínuo até os 47 dias; a partir deste período há uma curta fase de redução na absorção, que coincide com a redução do crescimento da planta e posteriormente, volta a aumentar com a retomada do crescimento.

Como se vê na Tabela 14, o tratamento "completo" foi superior aos demais no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Na mesma tabela, observa-se que não há diferenças entre os tratamentos "correção foliar" e "deficiente" na cultivar I.A.C.435. Contudo, no tratamento "correção radicular", no qual houve substituição da solução deficiente em potássio pela completa, obteve-se melhor desenvolvimento da planta.

A análise estatística, segundo o teste de *Kruskal-Wallis*, revela que na cultivar I.A.C.47 os tratamentos se comportam diferentemente na produção de matéria seca na raiz, parte aérea e teor do elemento, ao nível de 5 a 10% de significância. A comparação múltipla entre médias, mostra diferença estatística ao nível de 5% entre os tratamentos completo e deficiente. Na I.A.C.435 não há diferença significativa ao nível de 5 a 10% entre tratamento. Esta cultivar neste tratamento teve seu desenvolvimento retardado; a frutificação ocorreu mais tarde que na cultivar I.A.C.47.

#### 5.6.4. Enxofre

O enxofre não é móvel no floema, por conseguinte se redistribui pouco na planta (*MALAVOLTA, 1975*); quando se cultiva plantas em solução deficiente em enxofre, este elemento transloca-se da raiz e pecíolo para as folhas jovens

(MENGEL e KIRKBY, 1978). Comparando os teores de enxofre nos tratamentos "deficiente" e "de correção", percebe-se que são iguais conforme se vê na Tabela 16 e são superiores ao nível crítico relatado por SUZUKI (1978).

O tratamento "completo" foi superior na produção de grãos em ambas cultivares, na produção de matéria seca da parte aérea da cultivar I.A.C.47 e na da raiz na cultivar I.A.C.435 a correção foliar foi superior. Segundo WALLIHAN e SHARPLESS (1974) o enxofre controla a assimilação de nitrogênio no arroz. Admite-se que o parcelamento de enxofre na aplicação foliar, tem coincidido com o período de absorção máxima de nitrogênio e induziu maior desenvolvimento vegetativo em detrimento da produção de grãos, como se observa na Tabela 16. Na cultivar I.A.C.47, a correção foliar não teve a mesma eficiência na produção de matéria seca da parte aérea, os tratamentos de correção radicular e foliar produziram mais grãos que na I.A.C.435.

Quanto à produção de grãos, a correção radicular foi superior à foliar nas duas cultivares e esta superior ao deficiente. (Figura 5).

A análise estatística, segundo o teste de *Kruskal-Wallis*, revela comportamentos distintos entre tratamentos na cultivar I.A.C.47, exceção feita para o teor de enxofre, no nível de 5 a 10% de significância; na I.A.C.435 os trata

mentos diferem no mesmo nível na produção de raiz, grãos e teor de enxofre. A comparação múltipla entre médias revela que apenas os tratamentos "completo" e "deficiente" são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, exceto quanto ao teor de enxofre e produção de matéria seca na parte aérea, conforme se vê na Tabela 17.

#### 5.6.5. Boro

Na Tabela 18 observa-se que na cultivar I.A.C.47 os tratamentos para correção aumentaram o peso da matéria seca da raiz; não foi superior, porém ao tratamento deficiente na produção de matéria seca na parte aérea. A produção de grãos nos tratamentos "correção foliar" e "deficiente" foi a mesma sendo, porém, inferior à obtida com a correção radicular.

O movimento do boro na planta segue a corrente transpiratória no xilema e sua redistribuição depende do gradiente de concentração do elemento nos tecidos condutores (OERTLI e RICHARDSON, 1970). O teor de boro nas folhas aumentou com a aplicação mas atingiu nível inferior verificado ao tratamento completo; entre os tratamentos "deficiente" e "correção foliar" há diferença no teor de boro na folha; parte do elemento aplicado nas folhas não é metabolizado; permanece na porção que corresponde ao espaço livre aparente (CAMARGO e

SILVA, 1975).

No tratamento "completo" obteve-se a maior produção de grãos; o tratamento "correção radicular" vem em seguida, o que é justificado pelo fornecimento contínuo do elemento na solução. Ver Tabela 18 e Figura 6.

Na I.A.C.435 quando se fez os tratamentos para correção, as plantas encontravam-se no estágio agudo da deficiência e não se recuperaram.

#### 5.6.6. Cobre

Na Tabela 20 e Figura 6 os tratamentos "correção" e "deficiente" garantiram produções de grãos bem próximas. Na cultivar I.A.C.47 os três tratamentos aproximaram-se em produção ao "completo" o que indica a pouca influência de omissão de cobre na colheita; na produção de matéria seca da parte aérea e da raiz há proximidade entre os tratamentos "correção" e "deficiente"; estes, porém, são inferiores ao "completo". Para a cultivar I.A.C. 35 pode-se tirar a mesma conclusão, a produção de grãos dos três tratamentos iguais entre si, e, entretanto, bem inferior à obtida no tratamento "completo". O teor de cobre encontrado nas plantas submetidas à correção foliar, apresenta-se superior ao observado nos demais tratamentos; o elemento pode, talvez, não ter entrado

no metabolismo.

Entre os elementos essenciais, a exigência de cobre em arroz é superior apenas à de molibdênio (*FURLANI et alii, 1977*). A pequena diferença entre os tratamentos "correção" e "deficiente" na produção de grãos e "deficiente" na produção de grãos e parte aérea indica a pouca reação das cultivares à aplicação de cobre.

A análise estatística, segundo o teste de *Kruskal-Wallis* revela que os tratamentos se comportam diferentemente em relação à produção de grãos e ao teor de cobre na cultivar I.A.C.47; na produção de matéria seca na raiz, parte aérea e teor de cobre da cultivar 435 a diferença se situa ao nível de 5 a 10% de significância. A comparação múltipla entre médias revela que os tratamentos "completo" e "deficiente" diferem estatisticamente na produção de grãos, ao nível de 5% de significância na cultivar I.A.C.47. Na I.A.C.435 os tratamentos "completo" e "deficiente" diferem estatisticamente no mesmo nível com respeito à produção de matéria seca da raiz e teor de cobre; entre os tratamentos "completo" e "correção foliar" há diferença estatística no mesmo nível na produção de matéria seca na parte aérea, conforme se vê na Tabela 20.

## 5.6.7. Zinco

O zinco se redistribui para as partes mais novas quando aplicado na folha (*SHAFI, 1969*).

As cultivares se comportaram diferentemente quanto ao tratamento de "correção".

Na Tabela 22 observa-se que na I.A.C.47 a correção radicular foi superior à foliar na produção de matéria seca na raiz, parte aérea e grãos. Na I.A.C.435 ocorre o contrário. Segundo *IRRI (1969)* não há nenhum processo seletivo na absorção radicular de zinco entre as variedades de arroz. A correção da deficiência de zinco tendo em vista a produção de grãos, depende de fatores como o período vegetativo e a capacidade de perfilhamento da variedade (*IRRI, 1970*).

Com respeito à produção de grãos observa-se o seguinte: I.A.C.47 mesmos valores nos tratamentos "correção foliar" e "deficiente"; I.A.C.435 a deficiência diminuiu a colheita. (Ver figura 6).

A análise estatística, segundo o teste de *Krus*kal-Wallis, revela que nas duas cultivares os tratamentos diferem de 5 a 10% de significância na produção de matéria seca da parte aérea e grãos. A comparação múltipla das médias mostra diferença significativa no nível de 5% entre os tratamen

tos "completo" e "deficiente". Ver Tabela 23. *SHAFI (1969)* re  
lata que não há diferença estatística na produção de grãos  
entre as aplicações de zinco no solo ou via foliar, em condi  
ções de campo.

## 6. CONCLUSÕES

Estudos feitos cultivando-se duas variedades de arroz, I.A.C.47 e I.A.C.435, em solução nutritiva permitiram tirar as seguintes conclusões:

- (1) a solução de *HOAGLAND & ARNON (1950)* número 2 em que parte do N é fornecido na forma níttrica e parte o é na amoniacal, garantiu maior produção de matéria seca e maior teor de N que a de *KARIM & VLAMIS (1962)* em que todo o nitrogênio é fornecido como nitrato;
- (2) o arejamento da solução é desnecessário;
- (3) a extração e exportação de nutrientes obedeceu a mesma ordem decrescente nas duas variedades;
- (4) as quantidades de nutrientes extraídas e

exportadas nas duas variedades apresentam diferenças atribuídas principalmente à de sigualdade na produção de matéria seca;

- (5) a aplicação foliar ou radicular de nutrientes para corrigir deficiência induzida até o estágio de perfilhamento mostrou eficiência diferente em função do elemento da cultivar e do método de aplicação.

## 7. SUMMARY

Several experiments were carried out to study different aspects of the mineral nutrition of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, namely I.A.C.47 (upland) and I.A.C.435 (irrigated).

In a preliminary trial a comparison was made of two nutrient solutions, *HOAGLAND & ARNON (1950)* number 2, and *KARIM & VLAMIS (1962)*, both in the presence and in the absence of forced aeration. Plants grown during 40 days (till the middle of the tillering stage) gave a higher dry matter yield as well as a higher N content when receiving the first solution which contains both nitrate and ammonium N when compared with the latter whose nitrogen is only in the  $\text{NO}_3^-$  form. Aeration was not necessary for maximum growth in either case.

By analysing the various organs of plants grown in nutrient until full maturity an estimate was obtained of

the mineral requirements of both cultivars, which is shown in Table 24. Differences found among cultivars were due primarily to yield level rather than to content of elements per unit of dry matter.

Plants were grown in nutrient solution under conditions of deficiency of N,P,K,S,B,Cu or Zn till the stage of tillering. An attempt was then made to ascertain the extent of correction of the deficiencies by supplying the element lacking in the substrate either in the nutrient solution or through foliar application. The results of the corrective treatments are presented in Table 25 in which yield data are given as percentage of that obtained with the non deficient plants.

Table 24. Mineral requirements of two rice cultivars grown in nutrient solution

Element	Extraction (*)		Export (**)	
	I.A.C.47	I.A.C.47	I.A.C.435	I.A.C.435
N kg/ha	201	268	40	33
P	35	44	10	8
K	133	184	5	5
Ca	40	46	1	1
Mg	20	24	1	1
S	47	45	2	1
B g/ha	408	494	19	17
Cl	8907	9242	1590	1527
Cu	246	297	27	53
Fe	3566	3391	93	270
Mn	505	543	63	54
Mo	2	3	0,3	0,2
Zn	332	420	73	56

(\*) roots + culms + leaves + rachis + grain with hull = 11,344 kg/ha cv I.A.C.47; 13,426 kg/ha, I.A.C.435

(\*\*) grain with hull = 2,225 kg/ha, I.A.C.47; 1,722 kg/ha I.A.C.435.

Table 25. Comparative efficiency of treatments to control mineral deficiency induced and carried to full tillering stage (grain production as % of control)

Element	Treatment					
	Deficient		Foliar		Root	
	I.A.C.47	I.A.C.435	I.A.C.47	I.A.C.435	I.A.C.47	I.A.C.435
N	36	26	43	36	57	47
P	72	19	74	37	74	34
K	22	9	35	9	45	18
S	45	8	60	22	79	20
B	49	-	48	-	72	-
Cu	95	53	98	57	105	58
Zn	37	40	39	64	66	59

Tabela 10 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de N nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativas ao nitrogênio.

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu- lar	Foliar
<u>CULTIVAR I.A.C. 47</u>				
Raiz	6,19	2,30	4,27	1,04
	6,26	2,44	3,03	1,90
	$\bar{X}$ 6,22	2,37	3,65	1,47
Parte aérea	16,74	2,55	6,34	3,99
	16,08	3,34	6,08	4,25
	$\bar{X}$ 16,41	2,94	6,21	4,12
Grãos	8,50	3,03	5,74	3,60
	8,30	3,00	3,80	3,70
	$\bar{X}$ 8,40	3,01	4,77	3,65
N% na folha	2,58	1,09	2,54	2,11
	2,63	1,00	2,44	2,56
	$\bar{X}$ 2,60	1,04	2,49	2,33
<u>CULTIVAR I.A.C. 435</u>				
Raiz	6,66	1,95	2,90	4,12
	6,60	2,19	3,17	3,90
	$\bar{X}$ 6,63	2,07	3,03	4,01
Parte aérea	17,14	3,87	8,53	9,08
	17,32	3,54	7,58	8,95
	$\bar{X}$ 17,23	3,70	8,05	9,01
Grãos	13,91	3,66	6,36	5,13
	13,70	3,65	6,60	4,80
	$\bar{X}$ 13,80	3,65	6,48	4,96
N% na folha	2,98	1,48	2,30	1,86
	3,00	1,16	2,50	1,38
	$\bar{X}$ 2,99	1,32	2,40	1,62

Tabela 11 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de N nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao nitrogênio.

a) CULTIVAR I.A.C. 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %N na folha
Completo	7,5 a	7,5 a	7,5 a	7,5
Deficiente	3,5 ab	1,5 b	1,5 b	1,5
Correção radicular	5,5 ab	5,5 ab	5,5 ab	4,5
Correção foliar	1,5 b	3,5 ab	3,5 ab	4,5
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,67	6,0 (N.S.)
d.m.s. (5%)	5,76	5,76	5,76	-

b) CULTIVAR I.A.C. 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %N na folha
Completo	7,5 a	7,5 a	7,5 a	7,5
Deficiente	1,5 b	1,5 b	1,5 b	2,0
Correção radicular	3,5 ab	3,5 ab	3,5 ab	5,5
Correção foliar	5,5 ab	5,5 ab	5,5 ab	3,0
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,67	6,17 (N.S.)
d.m.s. (5%)	5,76	5,76	5,76	-

Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 12 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de P nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao fósforo.

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu- lar	Foliar
<u>CULTIVAR I.A.C. 47</u>				
Raiz	6,19	3,51	4,02	3,36
	6,26	4,20	4,06	3,18
	$\bar{X}$ 6,22	3,85	4,04	3,27
Parte aérea	16,74	7,45	9,57	12,77
	16,08	8,95	9,54	12,70
	$\bar{X}$ 16,41	8,20	9,55	12,73
Grãos	8,50	6,65	6,28	6,40
	8,30	5,43	6,16	6,00
	$\bar{X}$ 8,40	6,04	6,22	6,20
P% na folha	0,19	0,05	0,12	0,14
	0,20	0,06	0,11	0,16
	$\bar{X}$ 0,19	0,05	0,11	0,15
<u>CULTIVAR I.A.C. 435</u>				
Raiz	6,66	6,65	6,69	6,80
	6,60	5,02	6,38	7,80
	$\bar{X}$ 6,63	5,83	6,53	7,30
Parte aérea	17,14	12,64	18,25	23,55
	17,32	11,73	18,45	26,40
	$\bar{X}$ 17,23	12,18	18,40	24,97
Grãos	13,91	2,60	4,80	5,50
	13,70	2,74	4,47	4,60
	$\bar{X}$ 13,60	2,67	4,63	5,05
P% na folha	0,21	0,06	0,13	0,11
	0,22	0,05	0,12	0,10
	$\bar{X}$ 0,21	0,05	0,12	0,10

Tabela 13 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes a produção de matéria seca e teor de P nos tratamentos "completo", "deficientes" e "de correção", relativos ao fósforo.

a) CULTIVAR I.A.C. 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %P na folha
Completo	7,5	7,5 a	7,5	7,5 a
Deficiente	4,5	1,5 b	3,5	1,5 b
Correção radicular	4,5	3,5 ab	3,5	3,5 ab
Correção foliar	1,5	5,5 ab	3,5	5,5 ab
H (5 a 10%)	6,00(N.S)	6,67	4,0(NS)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,76	-	5,76

b) CULTIVAR I.A.C. 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %P na folha
Completo	5,5	5,5 ab	7,5	7,5 a
Deficiente	2,0	1,5 b	1,5	1,5 b
Correção radicular	3,0	3,5 ab	4,5	5,5 ab
Correção foliar	7,5	7,5 a	4,5	3,5 ab
H (5 a 10%)	6,17(NS)	6,67	6,17(NS)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,76	-	5,76

Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 14 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de K nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao potássio.

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu- lar	Foliar
<u>CULTIVAR I.A.C. 47</u>				
Raiz	6,19	2,90	5,65	3,63
	6,26	2,65	4,95	3,44
	$\bar{X}$ 6,22	2,77	5,30	3,53
Parte aérea	16,74	9,05	14,12	11,78
	16,08	8,35	13,94	9,09
	$\bar{X}$ 16,41	8,70	14,03	10,43
Grãos	8,50	2,36	3,35	2,46
	8,30	1,29	4,31	3,46
	$\bar{X}$ 8,40	1,82	3,83	2,96
K% na folha	1,98	0,65	1,30	1,21
	1,94	0,48	1,33	1,15
	$\bar{X}$ 1,96	0,56	1,31	1,18
<u>CULTIVAR I.A.C. 435</u>				
Raiz	6,66	2,90	4,76	2,91
	6,60	2,66	4,00	2,65
	$\bar{X}$ 6,63	2,77	4,38	2,78
Parte aérea	17,14	8,34	13,09	8,36
	17,32	9,05	13,39	9,06
	$\bar{X}$ 17,23	8,69	13,24	8,71
Grãos	13,91	1,31	2,24	1,30
	13,70	1,29	2,66	1,28
	$\bar{X}$ 13,60	1,30	2,45	1,29
K% na folha	1,98	0,63	1,90	0,64
	1,70	0,71	1,75	0,70
	$\bar{X}$ 1,84	0,67	1,82	0,67

Tabela 15 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes a produção de matéria seca e teor de K nos tratamentos "completos", "deficientes" e "de correção", relativos ao potássio.

a) CULTIVAR I.A.C. 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %K na folha
Completo	7,5 a	7,5 a	7,5	7,5 a
Deficiente	1,5 b	1,5 b	1,5	1,5 b
Correção radicular	5,5 ab	5,5 ab	4,5	5,5 ab
Correção foliar	3,5 ab	3,5 ab	4,5	3,5 ab
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,00(NS)	6,67
d.m.s. (5%)	5,67	5,67	-	5,67

b) CULTIVAR I.A.C. 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %K na folha
Completo	7,5	7,5	7,5	6,5
Deficiente	2,5	2,0	3,0	2,5
Correção radicular	5,5	5,5	5,5	6,5
Correção foliar	2,5	3,0	2,0	2,5
H (5 a 10%)	6,00(NS)	6,17(NS)	6,17(NS)	5,33 (NS)
d.m.s. (5%)	-	-	-	-

Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 16 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de S nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao enxofre.

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu- lar	Foliar
<u>CULTIVAR I.A.C. 47</u>				
Raiz	6,19	5,10	4,13	3,20
	6,26	5,69	3,68	2,95
	$\bar{X}$ 6,22	5,39	3,90	3,07
Parte aérea	16,74	10,75	11,57	10,52
	16,08	11,39	12,15	10,12
	$\bar{X}$ 16,41	11,07	11,86	10,34
Grãos	8,50	4,00	6,40	5,00
	8,30	3,50	7,00	5,02
	$\bar{X}$ 8,40	3,75	6,70	5,01
S% na folha	0,61	0,29	0,36	0,30
	0,51	0,31	0,39	0,33
	$\bar{X}$ 0,56	0,30	0,37	0,31
<u>CULTIVAR I.A.C. 435</u>				
Raiz	6,66	5,71	5,24	7,30
	6,60	5,65	5,66	7,00
	$\bar{X}$ 6,63	5,68	5,45	7,15
Parte aérea	17,14	14,19	16,74	20,00
	17,32	13,20	16,19	20,42
	$\bar{X}$ 17,23	13,69	16,46	20,22
Grãos	13,91	1,03	3,13	2,80
	13,70	1,30	3,14	2,70
	$\bar{X}$ 13,60	1,16	3,13	2,75
S% na folha	0,45	0,30	0,39	0,49
	0,46	0,29	0,40	0,48
	$\bar{X}$ 0,45	0,29	0,39	0,48

Tabela 17 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes a produção de matéria seca e teor de S nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao enxofre.

a) CULTIVAR I.A.C. 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %S na folha
Completo	7,5 a	7,5 a	7,5 a	7,5
Deficiente	5,5 ab	3,5 ab	1,5 b	2,0
Correção radicular	3,5 ab	5,5 ab	5,5 ab	5,5
Correção foliar	1,5 b	1,5 b	3,5 ab	3,0
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,67	6,17 (NS)
d.m.s. (5%)	5,67	5,67	5,67	-

b) CULTIVAR I.A.C. 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %S na folha
Completo	7,5 a	7,5	7,5 a	5,5 a
Deficiente	1,5 b	2,0	1,5 b	1,5 b
Correção radicular	5,5 ab	5,5	5,5 ab	3,5 ab
Correção foliar	3,5 ab	3,0	3,5 ab	7,5 ab
H (5 a 10%)	6,67	6,17 (NS)	6,67	6,67
d.m.s. (5%)	5,67	-	5,67	5,67

Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 18 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de B nos tratamentos "completos", "deficiente" e "de correção", relativos ao boro.

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu- lar	Foliar
<u>CULTIVAR I.A.C. 47</u>				
Raiz	6,19	2,94	3,67	2,80
	6,26	1,95	4,23	3,69
	$\bar{X}$ 6,72	2,44	3,95	3,24
Parte aérea	16,74	10,75	10,76	10,12
	16,08	11,40	11,39	10,52
	$\bar{X}$ 16,41	11,07	11,07	10,34
Grãos	8,50	3,49	5,69	4,30
	8,30	4,69	6,50	3,87
	$\bar{X}$ 8,40	4,09	6,09	4,08
B p.p.m. na folha	80,00	32,00	55,00	64,80
	79,00	34,00	53,20	62,40
	$\bar{X}$ 79,50	33,00	54,10	63,60

Tabela 19. Valor do teste de *Kruskal-Wallis* e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de B nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao boro.

a) CULTIVAR I.A.C.47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor p.p.m.
Completo	7,5	7,5	7,5	7,5 a
Deficiente	2,0	4,5	2,5	1,5 b
Correção radicular	5,0	4,5	5,5	3,5 ab
Correção foliar	3,5	1,5	2,5	5,5 ab
H(5 a 10%)	5,50 (N.S.)	6,0 (N.S.)	6,0 (N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	-	-	-	5,67

Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 20 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de Cu nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao cobre.

Parte da planta		Completo	Deficiente	Correção	
				Radicular	Foliar
<u>CULTIVAR I.A.C. 47</u>					
Raiz		6,19	4,21	4,84	4,69
		6,26	4,51	4,20	4,50
	$\bar{X}$	6,22	4,36	4,52	4,59
Parte aérea		16,74	9,20	9,22	8,45
		16,08	8,40	9,30	9,00
	$\bar{X}$	16,41	8,80	9,26	8,72
Grãos		8,50	8,00	8,74	8,50
		8,30	7,90	8,96	8,00
	$\bar{X}$	8,40	7,95	8,85	8,25
Cu p.p.m. na folha		19,30	9,50	12,00	75,00
		20,40	10,00	11,00	60,00
	$\bar{X}$	19,85	9,70	11,50	67,00
<u>CULTIVAR I.A.C. 435</u>					
Raiz		6,66	3,00	3,25	3,40
		6,60	2,90	3,40	3,30
	$\bar{X}$	6,63	2,95	3,32	3,35
Parte aérea		17,14	8,37	8,88	8,04
		17,32	8,20	8,53	7,50
	$\bar{X}$	17,23	8,28	8,70	7,77
Grãos		13,91	6,87	7,58	8,04
		13,70	7,60	8,19	7,50
	$\bar{X}$	13,60	7,23	7,88	7,77
Cu p.p.m. na folha		17,23	8,00	11,50	75,00
		17,22	9,00	10,00	66,00
	$\bar{X}$	17,22	8,50	10,75	70,50

Tabela 21. Valor do teste de *Kruskal-Wallis* e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca, teor de Cu nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção" relativos ao cobre.

a) CULTIVAR I.A.C.47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor de Cu p.p.m.
Completo	7,5	7,5	7,5 a	5,5, ab
Deficiente	3,0	2,5	1,5 b	1,5 b
Correção radicular	3,5	5,5	5,5 ab	3,5 ab
Correção foliar	4,0	2,5	3,5 ab	7,5 a
H(5 a 10%)	4,17 (N.S.)	6,0 (N.S.)	6,67	6,67
d.m.s. (5%)	-	-	-	-

b) CULTIVAR I.A.C.435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor de Cu p.p.m.
Completo	7,5 a	7,5 a	7,5	5,5 ab
Deficiente	1,5 b	3,5 ab	2,0	1,5 b
Correção radicular	3,5 ab	5,5 ab	5,5	3,5 ab
Correção foliar	5,5 ab	1,5 b	3,0	7,5 a
H(5 a 10%)	6,67	6,67	6,17 (N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	5,67	5,67	-	5,67

Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 22 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de Zn nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao zinco.

Parte da planta		Completo	Deficiente	Correção	
				Radicu- lar	Foliar
<u>CULTIVAR I.A.C. 47</u>					
Raiz		6,19	4,29	5,50	4,80
		6,26	4,28	4,70	4,30
	$\bar{X}$	6,22	4,28	5,10	4,55
Parte aérea		16,74	7,36	15,46	11,78
		16,08	8,29	15,48	11,82
	$\bar{X}$	16,41	7,82	15,47	11,80
Grãos		8,50	3,50	5,70	3,20
		8,30	2,70	5,40	3,40
	$\bar{X}$	8,40	3,10	5,55	3,30
Zn p.p.m. na folha		30,77	18,00	23,00	90,00
		28,62	18,50	22,00	92,00
	$\bar{X}$	29,69	18,75	22,50	90,50
<u>CULTIVAR I.A.C. 435</u>					
Raiz		6,66	3,50	4,24	5,40
		6,60	4,63	4,69	5,60
	$\bar{X}$	6,63	4,06	4,46	5,50
Parte aérea		17,14	6,85	10,27	16,00
		17,32	9,00	9,27	15,00
	$\bar{X}$	17,23	7,92	9,77	15,50
Grãos		13,91	4,92	8,47	8,20
		13,70	6,00	7,57	9,30
	$\bar{X}$	13,60	5,46	8,02	8,75
Zn p.p.m. na folha		26,46	11,00	18,50	70,00
		26,50	10,00	19,00	80,00
	$\bar{X}$	26,48	10,50	18,75	75,00

Tabela 23. Valor do teste de *Kruskal-Wallis* e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de Zn nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção" relativos ao zinco.

a) CULTIVAR I.A.C.

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor p.p.m.
Completo	7,5	7,5 a	7,5	5,5 a
Deficiente	1,5	1,5 b	2,5	1,5 b
Correção radicular	5,0	5,5 ab	5,5	3,5 ab
Correção foliar	4,0	3,5 ab	2,5	7,5 ab
H(5 a 10%)	6,17 (N.S.)	6,67	6,00 (N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,67	-	5,67

b) CULTIVAR I.A.C.435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor p.p.m.
Completo	7,5	7,5 a	7,5	5,5 ab
Deficiente	2,5	1,5 b	1,5	1,5 b
Correção radicular	2,5	3,5 ab	4,0	3,5 ab
Correção foliar	5,5	5,5 ab	5,0	7,5 a
H(5 a 10%)	6,00 (N.S.)	6,67	6,17 (N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,67	-	5,67

Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

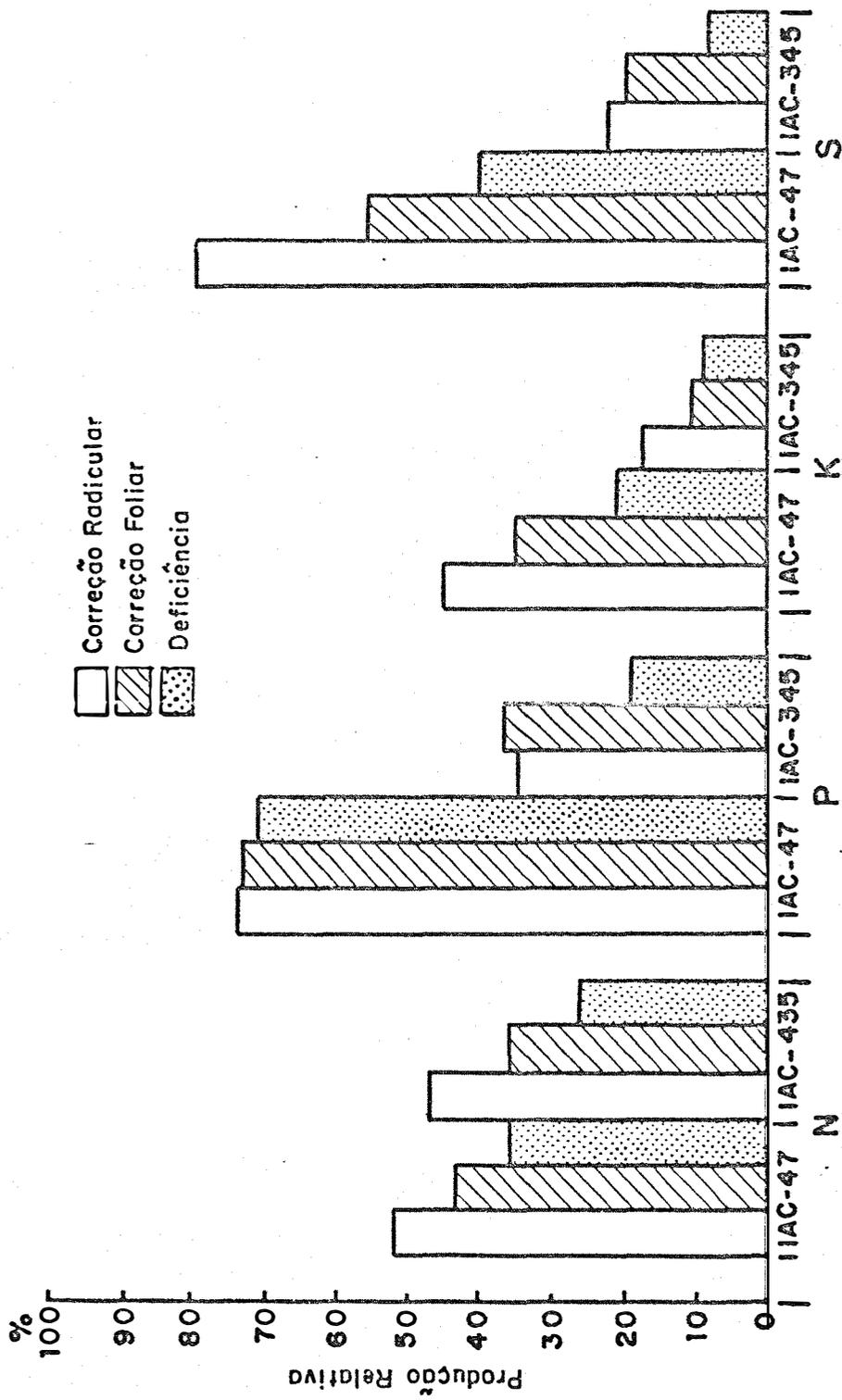


Figura 5 - Efeito relativo ao "completo", dos tratamentos "deficiente" e "de correção", casos de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre (produção de grãos).

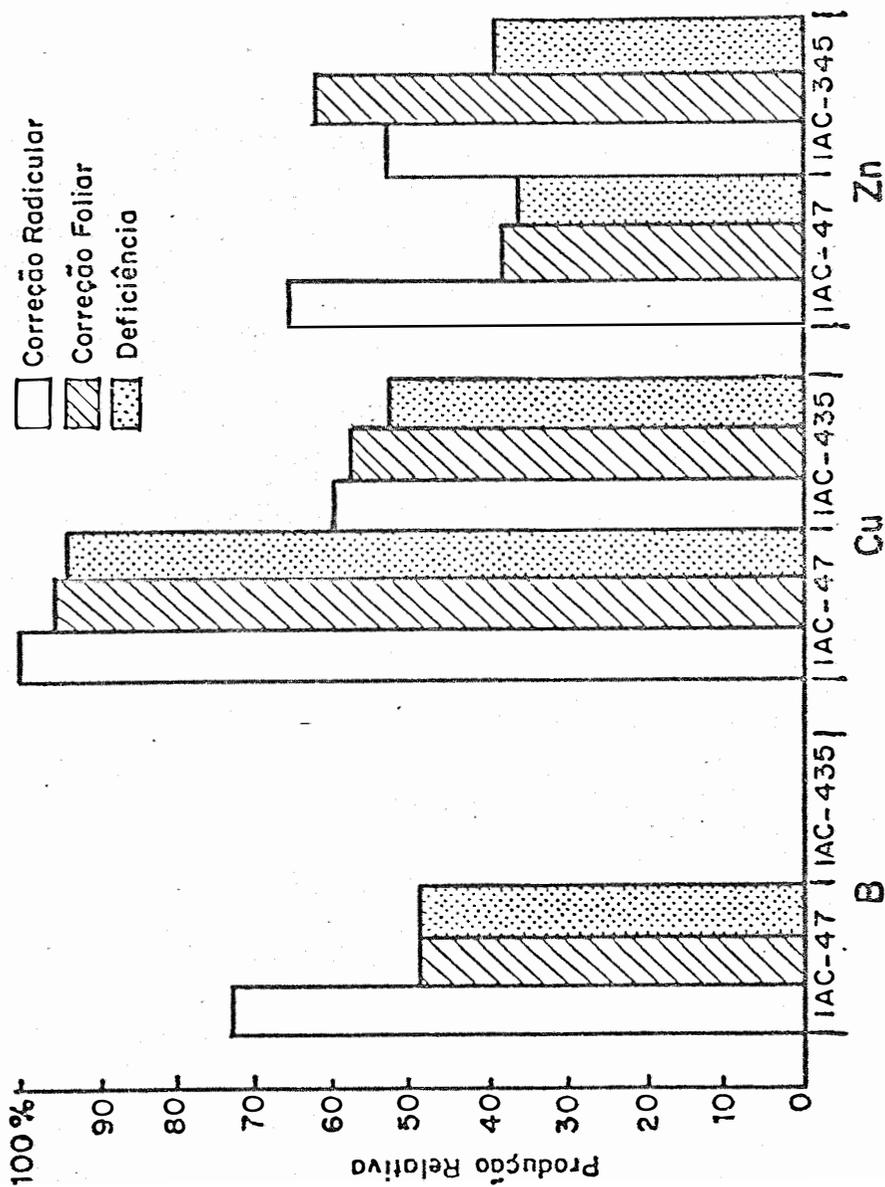


Figura 6 - Efeito relativo ao "completo", dos tratamentos "deficiente" e "de correção", casos de boro, cobre e zinco (produção de grãos).

## 8. LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. 1975. In: MALA VOLTA, E. e J.P. ROMERO. Manual de Adubação. São Paulo. 279-338.

BACHA, K.B., e C.H. SCHERER. 1967. Eficiência de Fertilizantes Foliares em Arroz. In: Anais da VII Reunião da Cultura do Arroz. Porto Alegre.

BANZATTO, N.V., L.E. AZZINI, J. SOAVE, D.M. DE SOUZA, T.R. DA ROCHA e J. ALOISI SOBRº. 1978. I.A.C.47 Novo Cultivar de Arroz-de-sequeiro. Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, 9p.

BARBER, D.A. 1962. The movement of  $^{15}\text{O}$  through Barley and Rice Plant. Journal of Experimental Botany 13(39): 397-403.

BASAK, M.N. 1962. Nutrient Uptake by Rice Plant and Its effect on Yield. Agronomy Journal 54(5): 373-376.

BIDDULPH, O., S.F. BIDDULPH, K. CORY e H. KOONTZ. 1958.

Circulation Pattern of  $P^{32}$  and  $Ca^{45}$  in Bean Plant. Plant Physical 33: 293-305.

BUKOVAC, M.J e S.H. WITWER. 1957. Absorption and Mobility of Foliar Applied Nutrients. Plant Physiology 32: 428-435.

CAMARGO, P.N. e O. SILVA (1975). Manual de Adubação Foliar. São Paulo. La Liberia Divulgação de Obras Culturais Ltda. 255p.

CAMPOS, H., 1979. Estatística Experimental Não-Paramétrica 3ª edição. Piracicaba. Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",

CHANG, Te-Tsu e E.A. BARDENAS. 1965. The Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant. International Rice Research Institute. Philippines. Technical Bulletin nº 4. 3-17.

COX, W.G. e H.M. REISNAUER. 1973. Growth and Ion Uptake by Wheat Supplied Nitrogen as Nitrate of Ammonium or both. Plant and Soil. 38: 363-80.

DATA, S.K., C.P. MAGNAYE J.T. MAGBANNA. 1969. Response of Rice Varieties to Time of Nitrogen Application in the Tropics. In: Symposium on Optimization of Fertilizer Effect in Rice Cultivation. Proceeding of a Symposium on Tropical Agriculture Research, Tokyo. 73-87.

- DIBLE, W.T., E. TRUOG e K.C. BERGER. 1954. Boron Determination in Soil and Plants. Analyt. Chem. 26: 418-421.
- EMMERT, F.H., 1959. Loss of Phosphorus-32 by Plant Roots After Foliar Application. Plant Physiology, 34: 449-454.
- EPSTEIN, E. 1975. Nutrição Mineral das Plantas. Princípios e Perspectivas. Tradução e Notas de E. Malavolta. Livro Técnico Científico. Rio de Janeiro. 34lp.
- FILHO, A.F. 1979. Algumas Considerações Sócio-Econômicas da Cultura de Arroz. IV Informe Agropecuário, 55: 11-15.
- FRIED, M., F. ZSOLDOS, P.B. VOSE e I.L. SHATOKHIN. 1963. Characterizing the  $\text{NO}_3$  and  $\text{NH}_4$  Uptake Process Rice Roots by Use of  $^{15}\text{N}$  Labelled  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Physiologia Plantarum, 18: 313-20.
- FUENTE, R.K. e G.P. VELASCO. 1957. Foliar Fertilization of Rice Plants with Nitrogen. The Philippine Agriculture 49(4): 192-203.
- FURLANI, P.R., O.C. BATAGLIA, A.M.C. FURLANI, I.E. AZZINI e N.C. SCHMIDT. 1978. Composição Química Inorgânica de três Cultivares de Arroz. Bragantia, 35(8): 109-115.

- GARGANTINI, H., e H.G. BLANCO. 1965. Absorção de nutrientes pela Cultura do Arroz. Bragantia. 24(38): 515-19.
- GAUCH, H.G., 1971. Inorganic Plant Nutrition. John Willey & Son. 488p.
- GRAEME, J.B., 1978. Sulfur Nutrition of Wet land Rice. IRRI. Bulletin nº 21. 27p.
- GILMOUR, J.T., 1977. Micronutrient status of the Rice Plant. II. Micronutrient Uptake Rate as Function of Time. Plant and Soil 46: 559-564.
- GILMOUR, J.T., 1977. Micronutrient status of the Rice Plant. I. Plant and Soil Solution Concentration as a Function of Tissue Plant and Soil 46: 549-557.
- GIORDANO, P.M., 1974. Micronutrient Deficiency in Crops: Casual Factors and Correction. In: Micronutrients Studies in Rice Production with Special Reference to Zinc Deficiency Proc. FAO/IAEA 177-96.
- HEWIT, E.J., 1952. Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition. Common Wealth Agricultural Bureaux, England. 241p.
- HEWIT, E.J., e T.A. SMITH. 1974. Plant Mineral Nutrition. The English Universities Press Ltda. London. 279p.

IMAI, H., 1977. The Harmful effects of ammonium nitrogen on crop roots. In: The Society of the Science of Soil and Manure. Proceeding of the International Seminar in Soil Environment and Fertility Manegement in Intensive Agriculture 634-40. Tokyo.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY FAO/IAEA. 1970. Rice Fertilization. Technical Reports Series n° 108. Vienna, 175p.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1969. Annual Report.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1970. Annual Report.

ISHIZUKA, Y. 1971. Physiology of the Rice Plant. In: Advance In Agronomy. 23: 241-307. Academic Press. New York.

JOHNSON, C.M., e J.T.H. ARLEY. 1954. Determination of molibdenium in Plant Tissue. Anal Chem. 26: 572-74

JONES, J.B., 1972. Plant Tissue Analysis for Micronutrients. In: Micronutrients in Agriculture. Proceeding: Soil Science Society of American U.S.A. 319-41.

KARIM, A.Q.M.B. e J. VLAMIS. 1962. Micronutrient Deficiency Symptoms of Rice Grows in Nutrient Culture Solutions. Plant and Soil. 3: 340-60.

- KOYAMA, T., C. CHAMMEK e N. NIAMS RICHARD. 1973. Nitrogen application technology for tropical rice as determined by field experiments using  $^{15}\text{N}$  tracer technique. Tropical Agriculture Research Center, Japão. 79p.
- KRUG, F.J., H. BERGAMIN FILHO, E.A.G. ZAGATTO e S.S. JORGENSEN. 1977. Rapid Determination of sulphate in Natural Waters and Plant Digest by Continuous Flow Injection. Analyst. Piracicaba. 122: 503-508.
- LOCKARD, R.G., J.C. BALAUX e E.A. LIONGSON. 1972. Response of Rice Plants Grown in three Potted Luzon Soils to additions of Boron, Sulfur and Zinc. Agronomy Journal 64: 444-47.
- MALAVOLTA, E. 1954. Studies on the nitrogen nutrition of rice. Plant Physical. 29(1): 98-99.
- MALAVOLTA, E., 1957. Contribuição ao estudo da alimentação nitrogenada do arroz (*Oryza sativa* L.). Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". (Tese de Cátedra). 169p.
- MALAVOLTA, E., H.P. HAAG, F.A.F. MELLO e M.O.C. BRASIL SOBRÔ. 1974. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas. Livraria Pioneira. Editora. São Paulo. 325-370.

MALAVOLTA, E., 1974. Prática de Nutrição de Plantas. Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Mimeografado 40p.

MALAVOLTA, E., 1976. Manual de Química Agrícola. Nutrição de Plantas e Fertilidade de Solo. São Paulo. Editora Agronômica "CERES" Ltda.

MALAVOLTA, E., 1978. Nutrição Mineral e Adubação do Arroz Irrigado. Ultrafértil. São Paulo. 68p.

MALAVOLTA, E., 1979. ABC da Adubação 4<sup>a</sup> edição. São Paulo. Editora Agronômica "CERES" Ltda. 255p.

MENGEL, K., e M. VIRO. 1978. The significancy of plant energy status for the uptake and incorporation of  $\text{NH}_4^+$  nitrogen by young rice plant. Soil Science Plant Nutri. 24(3): 407-416.

MENGEL, K., e E.A. KIRKBY. 1978. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Berna. 59lp.

OERTLI, J.J., e W.F. RICHARDSON. 1970. The Mechanism ob Boron Immobility in Plants. Physiologia Plantarun 23: 108-116.

ORSI, E.M., 1970. Cultura do Arroz. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. Mimeografado. 87p.

PATRICK Jr. W.H. e M.B. STURGES. 1955. Concentration and Movement of Oxygen as Related to Absorption of Ammonium and Nitrate Nitrogen by Rice. Soil Science Society Proceeding. 19(11): 59-62.

PATRICK, Vn. H., e I.C. MAHAPATRA. 1968. Transformation and availability to Rice of nitrogen and phosphorus in Waterlogged Soil. Advances in Agronomy. Academic Press. New York. 20: 323-357.

PEREIRA, F. e A.C. VAZQUEZ. 1964. Sintomas de las deficiencias de alguns minerales em plantas de arroz cultivadas em soluçao nutritiva. Ministério de Agricultura Y Ganadeira. Costa Rica. Boletim Técnico. nº 48. 16p.

REISNAUER, H.M. 1967. Availability Assays for Secondary and Micronutrient Anions. In: Soil Testing and Plant Analysis. Symposium. Soil Science Society of America. U.S.A. 71-102.

RUZICKA, J., J.W.B. STEWART e E.A. G. ZAGATTO. 1976. Flow Injection Analysis. Part IV Stream sample splitting and its application to the continuous spectrophotometry determination of chloride in brackish waters. Anal. Chim. Acta. 81: 387-396.

- SANCHES, P.A. Properties and Management of soil in the Tropics. John Willey and Son. New York. 413-470.
- SHAFI, M.T.K. 1969. Zinc Deficiency of Rice Plant in West Pakistan and its Improvement. In Symposium on Optimization of Fertilizer Effect in Rice Cultivation. Tokyo. 249-263.
- SHEIKH, K.H. 1973. 1973. Effects of Floodings and Drainage and their Alternation on the Growth and Uptake of Nutrition by Rice (*Oryza sativa* L. indica var. I.R.8). Journal of Experimental Botany. 24(78): 66-75.
- SIMS, J.C. e PLACE. 1968. Growth and Nutrient Uptake of Rice at Different Growth Stages and nitrogen Levels. Agronomy Journal 60: 392-396.
- SOARES, P.C., O.P. MORAES, A.F. SOUZA e R.M. GIUDICE. 1979. Preparo do solo, época e densidade de plantio. In. Informe Agropecuário. 55: 33-39.
- SOUZA, D. e R. HIROCE. 1970. Diagnose e tratamento preventivo no solo de deficiência de zinco em Cultura de Arroz de Sequeiro em solos com pH abaixo de 7. Bragantia 29(9): 91-103.
- TANAKA, A. 1969. Physiological Basis for Fertilizer response of rice varieties. In: Symposium on optimization of Fertilizer effect in Rice Cultivation. Proceeding of a Symposium on Tropical Agriculture Research. Tokyo. 37-43.

TAKAHASHI, J., 1960. O potássio e a cultura de arroz.

Fertilite. 2: 13-22.

TIFFIN, L.O. 1972. Translocation of Micronutrients in Plants.

In: Micronutrients in Agriculture Proceeding Soil Science Society of American. U.S.A. 199-225.

VAHL, L.C. e A.S. GOMES. 1977. Composição entre Adubação

Tradicional e Adubação Foliar em Arroz Irrigado. In: Anais da VII Reunião da Cultura do Arroz.

VAHL, L.C., A. GOMES e R.J.C. SILVEIRA. 1978. Adubação Foliar

em Arroz Irrigado. In: Anais da Reunião Anual do Arroz. Porto Alegre.

VALADARES, L.C. 1972. Efeito de Micronutriente e calcário

na Cultura do Arroz em solo de cerrado. In: MARCOS Z.Z. Coord. Seminário do Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 22: 24-33.

VELASCO, J.R., T.E. CABRERA., M.R. VEGA e F.T. RAMOS. 1955.

Absorption of culture solutions by rice seedling. The Philippines Agriculturist. 34(2): 96-105.

VIETS, F.G. 1965. The Plant Need for and use of nitrogen. In:

Soil Nitrogen. America Society of Agronomy. U.S.A. 508-548.

VLAMIS, J. e A.R. DAVIS. 1944. Effects of oxygen Tension on certain Physiological responses of rice, barley and tomato. Plant Physiol. 19: 35-51.

WALLIHAN, E.F., e R.G. SHARPLESS. 1974. Effect of sulfur supply on the Optimum concentration of nitrogen in leaves of the rice plant. Soil Science 118(5): 304-307.

WARD, R.C.J.V., D.A. WHITNEY e D.G. WESTFALL. 1973. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing small Grain. In: Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America. U.S.A. 324-348.

WELLS, J.P., 1962. Sources of Nitrogen for Rice. Agriculture Experimental Station. Report Series 115. Universidade of Arkansas 9p.