



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE
CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EM SOLOS
DE VÁRZEA INUNDADOS**

ANA ROSA RIBEIRO BASTOS

1999

THE UNIVERSITY OF CHICAGO



48097
33-116 MFN

ANA ROSA RIBEIRO BASTOS

DESCARTADO

M. Ribeiro
ASSINATURA

Data 25, 07, 17

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
UFLA

**NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE
ARROZ (*Oryza sativa* L.) EM SOLOS DE VÁRZEA INUNDADOS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora:

Dra. Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL

1999

~~48097~~
~~33-116 MFN~~
~~25, 07, 17~~
~~16 02 2018~~

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Bastos, Ana Rosa Ribeiro

Nutrição mineral e produção de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados / Ana Rosa Ribeiro Bastos. -- Lavras : UFLA, 1999.

89 p. : il.

Orientador: Janice Guedes de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Arroz. 2. Cultivar. 3. Solo de várzea inundado. 4. Minas Gerais. 5. Nutrição.
6. Produção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.18891

ANA ROSA RIBEIRO BASTOS

**NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE
ARROZ (*Oryza sativa* L.) EM SOLOS DE VÁRZEA INUNDADOS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Aprovada em 5 de novembro de 1999.

Tatiana Grossi Chquiloff Vieira

Pesquisadora/EPAMIG

Dr. Antônio Alves Soares

UFLA

Júlio César Bertoni

SPGSNP/UFLA


Dra. Janice Guedes de Carvalho

UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela oportunidade de realizar o curso e concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela oportunidade de realização do trabalho.

À Professora Janice Guedes de Carvalho pela valiosa amizade, orientação e confiança demonstradas.

À pesquisadora Tatiana Grossi Chquiloff Vieira pela co-orientação, auxílio durante o curso e sobretudo amizade.

Aos membros da banca, Antônio Alves Soares e Júlio César Bertoni, pela boa vontade e valiosas sugestões.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo pela boa vontade, dedicação, alegre convivência e amizade.

Aos meus pais pelo amor, orientação e ensinamentos dispensados a mim.

A todos os colegas de pós-graduação do DCS-UFLA, pela amizade.

Aos amigos: Eliane, Paula, Adriana, Júlio Bertoni, Geraldo Jânio, Geraldo Durães, Isabela, Watson, Cláudio, Romilson, Dedé, Júlio Nóbrega, Rogério, Marcelo, Yanê, Luis Arnaldo, Alcivânia e Reginaldo pelos bons momentos juntos.

Ao Renê, pelo amor e apoio.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aqueles que comigo marcaram uma época jamais serão esquecidos pelo tempo...

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Considerações sobre a cultura de arroz em solos de várzea.....	3
2.2 Caracterização genérica dos principais solos de várzea.....	5
2.3 Alterações provocadas pela inundação nos solos de várzea e na nutrição mineral de plantas.....	8
2.4 Efeito dos nutrientes na cultura do arroz.....	13
2.5 Teores considerados adequados para a cultura do arroz.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Teores de macronutrientes.....	30
4.2 Teores de micronutrientes.....	50
4.3 Matéria seca de raízes, altura de plantas e produção de grãos.....	64
5 CONCLUSÕES.....	72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXO.....	84

RESUMO

BASTOS, Ana Rosa Ribeiro Nutrição mineral e produção de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados. Lavras: UFLA, 1999. 89p. (Dissertação – Mestrado e Solos e Nutrição de Plantas)*

Os solos de várzea, por possuírem origem diversa, são muito heterogêneos, e portanto tendem a se comportar diferentemente dos demais solos quando submetidos a processos produtivos. A inundação desencadeia no solo uma série de mudanças químicas e eletroquímicas, as quais afetam profundamente a disponibilidade de nutrientes e, consequentemente, o crescimento da cultura do arroz. As respostas à aplicação de nutrientes podem variar também em função da cultivar utilizada, tornando necessários estudos que caracterizem melhor as respostas à aplicação de nutrientes em solos de várzea. No presente trabalho, foram avaliadas a nutrição mineral e a produção de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados, de diferentes classes, localizados na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Lambari (MG), e no Campo Experimental de Cambuquira (MG), safras 94/95 e 95/96. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco classes de solos: Glei Húmico (GH) e Glei Pouco Húmico (GP) em Lambari; Orgânico (O), Glei Húmico (GH) e Glei Pouco Húmico (GP) em Cambuquira e cinco cultivares de arroz: Capivari, Sapucaí, Urucuia, Inca e MG1 e quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 6 linhas de 5m de comprimento, espaçadas 0,3m entre si. A calagem e a adubação foram feitas de acordo com as exigências da cultura do arroz. Tanto os solos quanto as cultivares influenciaram de maneira distinta os teores de nutrientes na parte aérea, bem como a altura de plantas, matéria seca de raiz e produção de grãos das cultivares de arroz. De maneira geral, as diferenças entre cultivares quanto aos teores de macronutrientes na parte aérea das plantas de arroz foi minimizada no final do ciclo da cultura em relação àquelas aos 30 d.a.t.. Para os teores de micronutrientes, não foi verificada nenhuma tendência desse tipo. Os dados de produção de grãos das cultivares nos diferentes solos estudados foram abaixo dos potenciais máximos, o que é atribuído, ao menos em parte, aos baixos teores de potássio, magnésio, fósforo, enxofre e boro na parte aérea das plantas aos 30 d.a.t.. Para os solos estudados, à exceção do GH de Lambari, deve-se utilizar preferencialmente as cultivares Urucuia e MG1. Todas as cultivares testadas mostraram boa adaptação às diferentes classes de solos de várzea. As plantas cultivadas no solo GP de Cambuquira apresentaram, de modo geral, as

* Comitê orientador: Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Orientadora); Tatiana G. C. Vieira – EPAMIG

maiores produções de grãos, sendo que, na safra 95/96, os solos GH de Cambuquira e GP de Lambari também apresentaram esse comportamento.

ABSTRACT

BASTOS, Ana Rosa Ribeiro Mineral nutrition and production of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in flooded lowland soils. Lavras: UFLA, 1999. 89p. (Dissertation – Master and Soils and Nutrition of Plants)*

The lowland soils, for their different origins, are very heterogeneous, so that they tend to behave differently when submitted to productive processes. Flooding causes a series of chemical changes in the soil, affecting the availability of nutrients and, consequently, the growth of rice plants. The responses to fertilization can also vary in function of cultivars used, demanding studies that better characterize the responses to the application of nutrients in lowland soils. With the objective of evaluating the mineral nutrition and the production of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in different classes of flooded lowland soils, a comparative study was carried out in the Experimental Farm of EPAMIG, in Lambari (MG) and in an experimental area in Cambuquira (MG), during the 94/95 and 95/96 growing seasons. A randomized blocks experimental design was used, with five classes of soils: Humic Gley (GH) and Little Humic Gley (GP) in Lambari; and Bog Soil (O), Humic Gley (GH) and Little Humic Gley (GP) in Cambuquira; five rice cultivars: Capivari, Sapucaí, Urucuia, Inca and MG1 and 4 repetitions. The experimental plots consisted of 6 lines of 5m of length, spaced 0,3m to each other. The liming and the application of fertilizer was made in agreement with the requirement for culture of the rice. Both the soils and cultivars influenced the contents of nutrients in the shoots, as well as the height of plants, dry matter of root and grains yields of the plants. In a general way, the differences among cultivars with relationship to the macronutrients levels in the plants shoots of rice was minimized in the end of the cycle of the culture in relation to those at 30 days after transplanting. For the micronutrients levels, it was not verified tendency of that type. The observed grain yields of all cultivars on the different soils were lower than the maximum potential for each cultivar, which is ascribed, at least in part, to the low levels of K, Mg, P, S and B in the plants shoots, as determined at 30 days after transplanting. For the soils studied, with the exception of the Humic Gley (GH) in Lambari, the cultivars Urucuia and MG1 should be preferably used. All cultivars studied were shown to be well adapted to the different classes of lowland soils. Those cultivated on the GP soil in

* Guidance Committee: Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Major Professor); Tatiana G. C. Vieira – EPAMIG

Cambuquira presented the greatest productions of grains in general, and in the 95/96 growing season, crops on the soils GH in Cambuquira and GP in Lambari were among the best productive.

1 INTRODUÇÃO

O déficit de produtos alimentares caminha para uma fase crítica, tornando-se necessário, portanto, a expansão da oferta de alimentos, o que pode ser obtido com a exploração de novas áreas. Todavia, isso tem se mostrado cada dia mais limitante, uma vez que tais áreas encontram-se em fronteiras agrícolas distantes dos grandes centros consumidores e geralmente revelam baixo potencial de produção, fatores que acarretam uma significativa elevação nos custos do produto final. Neste contexto, a exploração das várzeas se apresenta como uma alternativa para a expansão das fronteiras agrícolas, através da utilização de áreas inseridas nas regiões agrícolas, porém ainda pouco exploradas, além do que, o Brasil possui cerca de 30 milhões de hectares passíveis de serem incorporados ao processo produtivo, dos quais 1,5 milhão no Estado de Minas Gerais (RURALMINAS, 1980).

A utilização das várzeas se torna ainda mais promissora com o cultivo do arroz, cereal mais importante, sendo consumido como alimento principal por mais da metade da humanidade, por se tratar de uma das poucas culturas compatíveis com estes sistemas. Entretanto, no Brasil, nos últimos anos, tem sido verificada uma tendência de estagnação e até mesmo retração das áreas cultivadas com arroz devido às dificuldades na obtenção de financiamento e por se tratar de uma cultura de baixo retorno financeiro, desestimulando o agricultor, que tem optado por culturas de maior rentabilidade. No mercado nacional, apesar da divergência entre os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) sobre a produção brasileira de arroz, 1998/99, é certo que o aumento foi significativo. De acordo com os dados da CONAB, a produção de 1998/99 superou em 35,3% a da safra de 1997/98, já os dados do IBGE indicam um

aumento em cerca de 42%. Num contexto geral, os principais estados brasileiros produtores apresentaram variações positivas na área plantada e no volume produzido, de 1997/98 para 1998/99, com exceção de Minas Gerais e São Paulo, que vêm perdendo área de arroz, provavelmente para culturas mais rentáveis (Chabaribery, 1999).

Os solos de várzea, por possuírem origem diversa, são muito heterogêneos, resultando em comportamento diferente dos demais solos quando submetidos ao processo produtivo. Esses solos, de modo geral, são periodicamente inundados, o que desencadeia uma série de mudanças químicas e eletroquímicas que afetam profundamente a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, o crescimento da cultura do arroz.

As respostas à aplicação de nutrientes podem variar também em função da cultivar utilizada, portanto, tomam-se necessários estudos que caracterizem melhor as respostas à aplicação de nutrientes em solos de várzea. O uso de doses adequadas e balanceadas de fertilizantes ocupa lugar de destaque dentre os diferentes fatores de produção e produtividade. Para que a vocação agrícola possa ser realmente exercitada, há necessidade não apenas de aumentar o consumo de fertilizantes, como também utilizá-los de maneira mais eficiente possível, refletindo em aumentos sensíveis de produtividade e, por conseqüência, da produção e dos lucros do agricultor (Lopes, 1996).

O presente estudo teve por objetivo avaliar a nutrição mineral e a produção de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em diferentes classes de solos de várzea inundados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações sobre a cultura de arroz em solos de várzea

O estado de Minas Gerais apresenta-se potencialmente apto à cultura do arroz irrigado por inundação contínua em toda extensão de suas várzeas, com possibilidades de rendimentos de grãos superiores a 10 t/ha, desde que sejam observados os fatores mínimos de produção, fertilidade do solo, época de plantio, cultivares adequadas e outras práticas apropriadas a esta cultura (Minas Gerais, 1995). Na década de 70, com a criação do Programa de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (PROVARZEAS - a partir de 1975), um considerável contingente de solos de várzeas, compreendendo os solos aluviais e hidromórficos (Glei Húmico, Glei Pouco Húmico e Solos Orgânicos) e alguns outros de menor ocorrência, foram incorporados ao processo produtivo do estado de Minas Gerais, baseado, principalmente, nas suas características químicas e no fácil acesso à água que eles apresentam (Almeida et al. 1983), além da topografia, que é, em geral, plana a suave ondulada, não ocorrendo problemas de erosão (Abreu e Lopes, 1988). Este programa propiciou uma expansão rápida da área plantada com arroz irrigado, todavia, nos últimos anos enfrentou uma redução drástica da mesma. Diversos fatores contribuíram para esta situação, podendo-se destacar: a redução do potencial produtivo destes solos após sucessivos cultivos; a redução da qualidade do material neles produzidos, infestação por plantas daninhas, pragas e doenças, alelopatia e decréscimo nos preços, que têm causado desestímulo aos produtores de arroz no estado. Paralelamente a esta situação, outro fator agravante foi a redução do número de pesquisas sobre solos de várzea.

Estas considerações de ordem técnica e ambiental e a necessidade dos orizicultores por informações sobre solos de várzea foram suficientes para que algumas linhas de pesquisa fossem propostas com vistas a melhorar os sistemas de produção vigentes nestes solos (Minas Gerais, 1995).

De acordo com os dados da EMATER (1999), a área cultivada com arroz irrigado, no ano agrícola de 1998/1999, aumentou em cerca de 23% em relação ao ano agrícola de 1997/1998, enquanto as áreas cultivadas com arroz de sequeiro e de várzeas úmidas tiveram uma redução de 3,1 e 8,6%, respectivamente. As produtividades obtidas em Minas Gerais na safra 1998/1999, inclusive para o arroz irrigado, correspondem a apenas 10 a 25% da produtividade potencial, com uma produção insuficiente para atender à demanda interna.

Os solos de várzea apresentam acentuado grau de anisotropia, tanto vertical como horizontal, que resulta em comportamento diferencial dos demais solos quando submetidos a processos produtivos, ainda que sob o mesmo sistema de manejo. A consequência imediata disto é que classes de solos diferentes necessitam de tratamentos também diferentes (Resende, 1982). Este aspecto da mais alta importância nem sempre é levado em consideração nos trabalhos de pesquisa, o que dificulta, ou mesmo impossibilita, a extrapolação dos resultados da pesquisa para outros locais de solos semelhantes.

A grande diversidade de condições dos solos de várzeas, onde o arroz é cultivado sob sistema de inundação, tem levado à ocorrência de um grande número de problemas nutricionais de importância local, indo desde a toxicidade ou deficiências diretas até interações complexas com doenças (Lopes e Abreu 1988). No Brasil, pesquisas tentando identificar estes problemas são ainda em número reduzido. Entretanto, através do uso dos vários instrumentos de diagnose (análise do solo, análise foliar, testes de tecidos, sintomas de

deficiências ou toxicidade dentre outros) é possível aumentar a probabilidade de identificação dos problemas para estas condições (Lopes e Abreu, 1988).

2.2 Caracterização genérica dos principais solos de várzea

Por serem originados de sedimentos com grande heterogeneidade quanto à composição granulométrica e mineralógica, os solos de várzea apresentam uma diversidade muito grande de características físicas e químicas. Uma característica dominante nestes solos, entretanto, é a má drenagem ou hidromorfismo, embora aqueles situados em terraços ou níveis mais elevados possam apresentar uma melhor drenagem (Curi, Resende e Santana, 1988). Estes solos, quando cultivados sob inundação, apresentam características bastante adversas daquelas verificadas em condições de boa drenagem, destacando-se, entre estas, a reação do solo e as condições de oxirredução (Guilherme, 1990).

Alterações destas características podem acarretar mudanças no comportamento dos nutrientes, tanto daqueles nativos como dos adicionados ao solo, afetando o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a produtividade e a qualidade das sementes (Guilherme, 1990).

Em Minas Gerais, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - EMBRAPA/SNLCS (1982), são encontradas principalmente as classes Glei Húmico (GH), Glei Pouco Húmico (GP), Solo Orgânico (O) e Aluvial. As características desses solos serão descritas a seguir de acordo com EMBRAPA/SNLCS (1982); Vieira e Vieira (1983); Curi, Resende e Santana (1988); Curi et al. (1993); Oliveira, Jacomine e Camargo (1992) e Resende et al. (1997).

A classe Glei Húmico compreende solos minerais, com drenagem

imperfeita ou impedida, cujas características refletem as condições de redução sob as quais foram formados. Ocorrem nas várzeas onde o lençol freático se apresenta elevado ou mesmo à superfície do solo durante todo o ano ou em grande parte dele. Ocupam normalmente superfícies planas e suave onduladas. Apresentam um horizonte turfoso, A chernozêmico ou A húmico, sobre horizonte gleizado. A textura é média (menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca) ou argilosa (35 a 60% de argila) a muito argilosa (> 60% de argila) em todos os horizontes, apresentando ausência de gradiente textural. As principais limitações dessa classe de solo para o uso dizem respeito ao excesso de água e/ou a baixa fertilidade. Contudo, desde que sejam efetuadas práticas como adubação e calagem, os resultados podem ser satisfatórios.

A classe Glei Pouco Húmico apresenta um horizonte A moderado sobre horizonte gleizado. Difere da classe Glei Húmico por apresentar condições de melhor drenagem e menor acumulação superficial de matéria orgânica. Os compostos férricos se reduzem a ferrosos ou estes se oxidam a férricos conforme a oscilação do lençol freático, provocando o aparecimento de mosqueados amarelos, avermelhados ou mesmo vermelhos, dentro do perfil. A saturação e o conteúdo de bases trocáveis apresentam-se variáveis e estão relacionados à natureza e à idade dos sedimentos dos quais foram desenvolvidos e à qualidade da água que os saturam, ricas ou pobres em íons capazes de saturar o complexo de troca.

A classe dos solos Orgânicos diz respeito a solos hidromórficos, que diferem dos demais solos minerais de várzea por apresentarem horizonte turfoso, contendo teor de carbono orgânico $\geq [8+0,067 (\% \text{ argila})]$, ocupando > 50% dos primeiros 80 cm de profundidade. São vulgarmente denominados de turfás, que pegam fogo com facilidade e cuja drenagem deve ser feita com muito cuidado para evitar a queima e a subsidência. Ocorrem nas partes mais

úmidas das várzeas, em relevo plano e suave ondulado. Esta classe abrange solos geralmente álicos e distróficos (estes podendo ser epieutróficos), forte a moderadamente ácidos e com elevada relação C/N. Tanto a espessura da camada de material orgânico e seu estágio de decomposição como a composição química, mineralógica e a textura do substrato podem variar bastante. O grau de subsidência (rebaixamento da superfície), o armazenamento de água, a densidade do solo e o espaço poroso, dentre outros, são muito afetados pelo teor de fibras do material. São de grande ajuda na identificação desses solos o aspecto orgânico e a sensação turfosa ao tato, além da sensação que eles proporcionam de se estar flutuando na água (sensação de colchão d'água) quando se caminha sobre eles.

Os solos de várzea apresentam boas condições para utilização em agricultura de alta produtividade, como topografia adequada à mecanização, bom potencial físico e químico, baixa suscetibilidade à erosão e percolação, e disponibilidade de água, sendo este último aspecto de suma importância quando se considera a seca e/ou veranicos como fatores altamente limitantes da produção em algumas regiões onde se encontram estas várzeas. Uma vez que esses sistemas apresentam características particulares no que se refere à reação do solo, às condições de oxidação-redução e ao teor de matéria orgânica, o que provoca alterações na dinâmica dos nutrientes no solo e na relação solo-planta, é essencial, sob o ponto de vista técnico, o entendimento das características e limitações desses solos para a sua exploração adequada (Mariano, 1998).

2.3 Alterações provocadas pela inundação nos solos de várzea e na nutrição mineral de plantas

Nos solos inundados são geradas uma série de mudanças nas suas propriedades que interferem em quase todas as reações do solo (Holanda, 1992). A inundação provoca alterações nas propriedades físicas do solo e em todos os processos químicos e biológicos que nele ocorrem, alterando, entre outros fatores, a dinâmica dos nutrientes (Guilherme, 1990).

Em solos inundados, a falta de oxigênio tem conseqüências no comportamento físico-químico de vários elementos. As reações de redução, que podem ocorrer em condições anaeróbicas, levam a transformações em formas dos elementos que não aparecem em solos bem drenados (Raij, 1991).

De acordo com McBride (1994), a seqüência de todo processo se inicia com o consumo do oxigênio molecular pela atividade biológica, que passa de aeróbia para anaeróbica, reduzindo a concentração de oxigênio a níveis traços (10^{-6} mol L⁻¹). Com o esgotamento do oxigênio (8 mol L^{-1}) e a sua baixa solubilidade em água, ocorrem mudanças no potencial redox. Tais mudanças exercem controle no pH, na solubilidade de íons e na química de íons e moléculas dissolvidas na solução do solo. A variação do potencial redox (Eh) nos solos inundados depende do valor inicial de Eh, dos teores de receptores de elétrons, da quantidade e natureza da matéria orgânica e da atividade biológica, a qual é influenciada pela temperatura (Ponnamperuma, 1968). As reações de oxirredução desencadeadas pela queda do potencial redox levam ao consumo de H⁺ e conseqüente aumento de pH, estabilizando-se em torno de sete. O poder tamponante do CO₂ via reação H₂CO₃-HCO₃⁻ contribui para a estabilização do pH (McBride, 1994).

As alterações físico-químicas dos solos inundados, causadas pela matéria orgânica e pela temperatura, são ressaltadas por vários pesquisadores.

Oliveira, Veloso e Leal (1993) observaram num solo Glei Húmico que as mudanças de pH, Eh e condutividade elétrica com a inundação foram mais intensas no horizonte A, sendo que, no horizonte C, em que o teor de matéria orgânica é menor, o efeito da calagem sobre o aumento no pH foi mais eficiente que a inundação. Segundo Ponnampetuma et al. (1968), em temperaturas de 25 a 30°C o Eh decresce rapidamente e estabiliza em poucos dias; já em temperaturas abaixo de 20°C a estabilização ocorre em seis semanas. Moraes (1973) atribuiu ao efeito das baixas temperaturas o atraso na velocidade de modificação do pH e Eh, e liberação dos nutrientes em solos ácidos e alcalinos inundados por 84 dias.

Segundo McBride (1994), as reações de oxirredução em solos inundados implicam em alterações na disponibilidade dos nutrientes de acordo com o estágio de redução. A natureza de tais reações está na capacidade dos organismos anaeróbicos de utilizar espécies químicas oxidadas como aceptoras de elétrons no lugar do oxigênio molecular. Assim, a redução de nitrato a N_2 (denitrificação) ocorre nos primeiros estágios de redução do solo e grande quantidade de nitrogênio é perdido para a atmosfera. O empobrecimento de nitrogênio do solo implica em deficiência de nitrogênio nas plantas. Dando seqüência ao processo, os óxidos de manganês são reduzidos a Mn^{2+} . À medida que condições redutoras mais extremas ocorrem, acumula-se amônio (NH_4^+) a partir da redução do nitrogênio e a solubilidade de ferro aumenta na forma Fe^{2+} . O processo de redução do ferro nos solos dissolve a sílica e o fosfato adsorvido nos óxidos de ferro e precipitados de minerais ricos em ferro. No final, em condições anóxicas prolongadas, o sulfato é reduzido a sulfeto, que precipita o Fe^{2+} e outros metais, tal como FeS . A prolongada anoxia tende a trazer a solubilidade de Fe e Mn de volta para níveis baixos. Se o potencial redox decrescer a valores baixos positivos ou a valores negativos (<200mV), o carbono orgânico pode sofrer redução, formando metano. Nesses extremos de

condições, gás hidrogênio pode ser gerado nos solos (McBride, 1994).

Conforme Ponnamparuma (1972), os nutrientes P, K, Ca, Mg, B, Co, Zn e Cu, apesar de não envolvidos diretamente nos processos de oxirredução, sofrem mudanças em sua disponibilidade em solos inundados. O fósforo é um dos macronutrientes profundamente afetado pelas mudanças associadas a anaerobiose do solo. A inundação do solo geralmente proporciona o aumento na disponibilidade deste elemento. O aumento da solubilidade do fósforo está ligado principalmente à redução do fosfato férrico a formas mais solúveis e de óxidos e hidróxidos hidratados de ferro, acompanhado pela liberação do fósforo ocluso (Amer, Saleh e Mostafa, 1991). Outros nutrientes como K, Ca e Mg têm sua disponibilidade aumentada pela inundação. Esse aumento é atribuído ao deslocamento dos sítios de troca para a solução, principalmente pelo Fe^{2+} , Mn^{2+} e NH_4^+ .

Embora não estejam envolvidos diretamente nas reações de oxirredução, os micronutrientes B, Co, Cu, Zn e Mo podem ter sua solubilidade afetada pelas mudanças de pH, redução do Fe e agentes orgânicos formadores de complexo. Assim, é comum a diminuição dos teores de Cu e Zn e aumento de B e Co em solos inundados. No caso do zinco, é comum a deficiência em arroz de várzea devido a sua redução na disponibilidade. No entanto, Kumar et al. (1981), avaliando mudanças físico-químicas nas propriedades do solo e a atividade de ferro e zinco em solos submersos cultivados com arroz em solos altamente ácidos, registraram aumento no pH, aproximando da neutralidade, em três semanas de inundação. As atividades de Fe^{2+} e Zn^{2+} aumentaram, assim como a relação Fe/Zn. O aumento da atividade da relação Fe/Zn foi de 20% contra 65% do aumento dos íons isolados.

De acordo com Pezeshki (1994), as condições de anaerobiose impostas pela inundação do solo podem limitar a aquisição e utilização de nutrientes devido às alterações na absorção, translocação e crescimento de raízes. O estado

nutricional de plantas em condições de anaerobiose depende, dentre outros fatores, do grau de tolerância. Nas plantas sensíveis ocorre uma maior redução na concentração de nutrientes totais que nas espécies tolerantes. Essa tendência pode ser atribuída à redução de superfície de raízes aptas à absorção em espécies sensíveis (Topa e McLeod, 1986). No caso de plantas adaptadas à inundação, a absorção de nutrientes continua, sendo possibilitada pela existência de um suprimento interno de O_2 . A formação de raízes adventícias e formação de aerênquimas (as plantas de arroz adaptam-se em solos inundados devido à presença desses aerênquimas) facilita a transferência de oxigênio da parte aérea para as raízes e interface solo-raiz. Portanto, essas adaptações permitem o funcionamento das raízes e absorção de nutrientes.

A inundação não somente influencia a concentração, mas também a distribuição dos nutrientes dentro das plantas. De acordo com estudos realizados por Huang et al. (1995), a inundação aumentou a proporção de N no sistema radicular, diminuiu a proporção de N e K no caule e aumentou a de Fe e Mn nas folhas de genótipos sensíveis de trigo, enquanto a distribuição de P, Ca e Mg não foi afetada pela inundação.

Diferentes respostas podem ocorrer quanto à variação dos teores de macro e micronutrientes das raízes e parte aérea devido ao grau de tolerância das espécies à inundação. Em plantas de arroz cultivadas em solo inundado houve mais alta concentração de N, P, Ca e Fe, enquanto o Mn e o Mg não mudaram significativamente. A descoloração (bronzamento) nas folhas do arroz devido ao alto ferro solúvel ocorre em solos caracterizados por baixo pH e prolongada inundação. O declínio do potencial redox inicia uma cadeia de reações que reduz o sulfato a sulfeto, o qual é considerado fitotóxico às plantas, mas, em plantas tolerantes, o sulfeto é oxidado na rizosfera, amenizando os efeitos fitotóxicos (Pezeshki, 1994).

Avaliando a resposta do arroz à absorção de nutrientes em diferentes

maneios de água: inundado, inundado após a diferenciação da panícula e irrigado, Beyrouy et al. (1994) observaram que o manejo d'água não interferiu na absorção, sendo que o arroz com inundação apresentou uma maior absorção. As concentrações de N, P e Fe no tecido não foram afetadas. No entanto, devido à redução de matéria seca em solos não inundados, houve redução nas quantidades totais. Os teores de K, Zn e Mn foram afetados pelo manejo e o decréscimo foi atribuído à redução na disponibilidade e na produção de matéria seca de arroz em solos não comumente saturado. Maiores produções de matéria seca e grãos foram obtidos em regime permanente de inundação.

A nutrição é considerada por Drew (1988) como sendo um ponto central na resposta das plantas à inundação e relata que o crescimento de plantas ou sua sobrevivência podem estar relacionados ao suprimento adicional de nutrientes. No caso do nitrogênio, o suprimento via solo pode retardar os efeitos da inundação, evitando o abaixamento do potencial redox, repondo o N perdido por desnitrificação, lixiviação ou volatilização ou, ainda, servindo como aceptor final de elétron em raízes de plantas na respiração e melhorando o estado nutricional da planta. As injúrias podem ser evitadas ou amenizadas pelo fornecimento de nutrientes, mas essa prevenção é por curto período.

A importância da aplicação de nutrientes para diminuir ou prevenir sintomas de injúria foi ressaltado por Marschener (1997), no entanto, o autor alerta que o efeito do nitrogênio não pode ser superestimado ou generalizado, devido à absorção de outros nutrientes também diminuir.

O arroz é uma cultura bem adaptada às condições de submersão, sendo que a contínua inundação produz maior percentual de porosidade nas raízes de arroz. A habilidade de aumentar a porosidade de suas raízes, fugindo do estresse gasoso, permite um bom crescimento e desenvolvimento da cultura (Varade, Letey e Stolzy, 1970). Das e Jat (1977), comparando genótipos de arroz (IR 8, Padma, BC6 e IR22), relacionaram o maior volume de porosidade das raízes ao

seu maior comprimento, ao aumento de matéria seca de raízes e parte aérea, e ao maior conteúdo de nutrientes na parte aérea, sendo que as cultivares Padma e BC6 destacaram-se com maior porosidade nas raízes e maior crescimento que IR-8 e IR-22. Além da capacidade adaptativa, o aumento na disponibilidade de nutrientes nos solos inundados contribui para um melhor estado nutricional e maior produtividade do arroz em sistema de inundação.

Avaliando a resposta do arroz a doses (0, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹) de fósforo em três solos (GP, O, GH), em sistema de inundação e capacidade de campo (70% e 100%), Holanda (1992) observou que o ganho de matéria seca foi reduzido com a inundação para os solos GP e O, e aumentado no solo GH. As doses de fósforo amenizaram o efeito depressivo da inundação no ganho da matéria seca nos solos GP e O. No estudo realizado por Motta (1988), em que o autor avaliou a disponibilidade de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais, observou que a inundação apenas diminui a resposta ao fósforo, sendo sua deficiência mais uma regra que uma exceção.

2.4 Efeito dos nutrientes na cultura do arroz

O nitrogênio, sendo componente das proteínas que são constituintes do protoplasma, cloroplastos e enzimas, é o mais importante nutriente para o arroz e a sua deficiência ocorrerá desde que não seja aplicado como fertilizante, embora o arroz comumente utilize menos do que 40% do fertilizante nitrogenado aplicado (Yoshida, 1981). A concentração de nitrogênio, segundo Ishizuka (1971), é mais alta para o primeiro estágio de crescimento, decrescendo ligeiramente com o tempo após a translocação e voltando a crescer até a diferenciação do primórdio floral, em que novamente decresce até o estágio de enchimento de grãos, quando a concentração permanece quase

constante até a completa maturação do grão.

De acordo com Malavolta (1980), uma proporção relativamente alta (da ordem de 50%) do nitrogênio, fósforo e enxofre estão presentes nos grãos de arroz, o que provoca uma maior exportação desses nutrientes do solo.

Avaliando a resposta das cultivares de arroz irrigado por inundação (Capivari, Inca e Sapucaí) à adubação nitrogenada, Reis et al. (1997) observaram que a concentração de nitrogênio foi maior na Sapucaí, mas esta cultivar produziu menos matéria seca e foi menos eficiente na utilização do mesmo, enquanto a Capivari se mostrou a mais eficiente no aproveitamento desse nutriente. Concluíram, dessa forma, que em solos com boa disponibilidade de N, deve-se dar preferência à cultivar Capivari nos plantios comerciais, uma vez que ela apresenta maior capacidade de resposta a esse elemento, resultando em maior produção de grãos.

Segundo Barbosa Filho (1987), o nitrogênio aumenta o número de perfilhos, aumentando, dessa forma, o número de panículas; aumenta o teor de proteínas dos grãos, o número e o tamanho dos grãos. Sabe-se que o nitrogênio estimula o crescimento das plantas, mas nem sempre aumenta a produção de grãos. Altas doses de nitrogênio acarretam na formação de grande número de perfilhos e de folhas novas, provocando sombreamento, acamamento e, conseqüentemente, queda de produção. Malavolta (1979) comenta que o nitrogênio tem efeito muito forte no perfilhamento e, para que este seja ótimo, o teor de nitrogênio nas folhas deve ser da ordem de 40g kg^{-1} . Além de aumentar o número de grãos/panícula e o peso de grãos, o nitrogênio estimula também o crescimento radicular, sendo que a proliferação de raízes se dá quando o teor de nitrogênio na base do colmo for maior que 10g kg^{-1} .

O número de panículas por unidade de área é o componente que mais influi na produção de grãos em resposta ao nitrogênio. Por outro lado, há uma tendência em decrescer o número de grãos/panícula com o aumento do número

de panículas por unidade de área, indicando que existe uma correlação negativa entre esses dois componentes (De Datta, 1981).

Fornasieri Filho e Fornasieri (1993) comentam que a disponibilidade de nitrogênio no solo para o arroz irrigado pode ser estimada através do teor de matéria orgânica do solo. Entretanto, resultados de experimentos de campo demonstraram haver baixa relação entre o teor de matéria orgânica do solo e a resposta da cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados. Isso ocorre pelo fato da decomposição da matéria orgânica ser resultante da interação de múltiplos fatores (Ponnamperuma, 1972).

Com relação ao fósforo, sua absorção pelas plantas de arroz é lenta até quando se inicia o primórdio floral, aumentando até depois da floração, quando as necessidades da planta estão satisfeitas (Gonzales, 1984). Porém, segundo Nikolaeva, Tsvetnova e Shcheglov (1986), o fósforo é mais rapidamente absorvido na fase de perfilhamento, decrescendo perto do final da fase de crescimento. O fósforo estimula o crescimento da raiz, perfilhamento e também aumenta o conteúdo de amido e açúcar na planta de arroz, aumentando a tolerância à submersão em função do maior conteúdo de carboidratos. De acordo com Barbosa Filho (1987), é o macronutriente mais exportado na forma de grãos. Machado, Gomes e Pauletto (1983) observaram diminuição na esterilidade, bem como na duração do ciclo com o aumento das doses de fósforo. Fageria (1983), trabalhando com interação iônica, relata que a absorção do fósforo é aumentada com o aumento da concentração de magnésio, como também a mais alta absorção de fósforo ocorre em baixas concentrações de potássio, devido à alta mobilidade do potássio, que quando em alta concentração, leva ao decréscimo da absorção de outros íons.

O potássio é o macronutriente mais absorvido pela planta de arroz, mas apenas 10% do total absorvido se encontra nas partes reprodutivas (Tanaka e Yoshida, 1970 citados por Fornasieri Filho, 1982; Fornasieri Filho e Fornasieri,

1993), sendo que sua maior proporção se encontra em órgãos vegetativos (Malavolta, 1980).

O potássio é absorvido pelas raízes na forma iônica, K^+ , sendo o processo essencialmente ativo. A absorção atinge seu máximo na presença de Ca^{2+} no meio, embora o excesso tenha efeito inibidor, como acontece, por exemplo, quando se usa um excesso de calcário na neutralização da acidez (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). Para Gonzales (1984), o potássio é absorvido segundo o crescimento da planta até o final da etapa de grão leitoso, decaindo em seguida. O potássio aumenta a resistência ao acamamento por auxiliar na acumulação de substâncias constituintes da parede celular e por aumentar a pressão de turgescência das células do tecido do colmo.

O arroz mostra baixa exigência por cálcio, que é absorvido do início ao fim do ciclo da planta, sendo proporcionalmente o menos exportado entre os macronutrientes. Com relação ao magnésio, as quantidades necessárias pela planta de arroz são ligeiramente inferiores às do cálcio (Fomasieri Filho e Fomasieri, 1993). A maior concentração desses nutrientes ocorre na palha, por isso, a incorporação dos restos vegetais devolve ao solo grande quantidade de cálcio e magnésio acumulado pelas plantas, à semelhança do que ocorre também com o potássio (Barbosa Filho, 1987 e Malavolta, 1980).

Para Machado, Gomes e Pauletto (1983), o calcário é importante para o arroz somente antes da inundação do primeiro ano, por oferecer à cultura níveis satisfatórios de cálcio e magnésio no início do ciclo. Freire et al. (1985), estudando calagem em solos de várzea, concluíram que esta prática, além de ter propiciado a maior produção de matéria seca da parte aérea e o maior número médio de perfilhos e de plantas sem sintomas de toxicidade de ferro, concorreu para reduzir teores de Fe no tecido vegetal. A questão da calagem para o arroz irrigado apresenta controvérsias em função da elevação do pH pela inundação.

A calagem seria indispensável naqueles solos com baixo teor de Ca+Mg e como forma de manejo no controle da toxidez de ferro (Assis, 1997).

As exigências quantitativas de enxofre pela planta de arroz são comparáveis às do fósforo, sendo seu consumo semelhante ao do nitrogênio, e após o florescimento o enxofre estocado nas folhas e colmos começa a translocar-se para as panículas (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993).

Para Fageria (1984), as principais transformações que ocorrem com o enxofre no solo são a oxidação do enxofre elementar, sulfatos, enxofre orgânico e compostos de sulfatos e a redução do sulfato, sendo que esta redução tem as seguintes implicações para a cultura do arroz: o suprimento de enxofre pode tornar-se insuficiente; o zinco e cobre podem ser imobilizados e pode ocorrer toxidez de H_2S em solos com baixo teor de ferro.

Os micronutrientes, em arroz não apresentam seqüência lógica, seguem, antes de tudo, uma seqüência econômica, em decorrência do estágio atual da produtividade da cultura (Uexkull, 1976 e del Giudice, 1982).

Trabalhos com micronutrientes em solos de várzea são escassos e com resultados contraditórios. Entretanto, cultivares modernas de alta produtividade e o uso de adubos concentrados podem levar à limitação da produção por micronutrientes, como demonstrou Paula (1995), trabalhando com boro.

O boro é absorvido pelas plantas, em solos neutros ou levemente ácidos, como ácido bórico não dissociado através de processo passivo e não metabólico (Raven, 1980). Essa forma de absorção foi contestada por alguns pesquisadores, baseando-se na alta propensão que o ácido bórico tem em formar complexos na parede celular e no citoplasma, o que complica grandemente o estudo da absorção do boro (Hu e Brown, 1997). Espécies de plantas diferem na sua capacidade de absorver boro quando crescem em um mesmo solo. Essa diferença é distinta entre gramíneas e dicotiledôneas, que podem conter entre 5-10 mg B kg^{-1} e 20-70 mg B kg^{-1} , respectivamente. Segundo Marschner (1995), a

pouca quantidade de material pectínico nas paredes celulares primárias das gramíneas é que determina essa diferença, logo, a deficiência de boro em gramíneas ocorre em menores proporções no campo.

O boro, da mesma forma que o cálcio, tem grande importância na fase reprodutiva do arroz (Barbosa Filho, 1987). No arroz, em condições de campo, não foram descritos sintomas atribuídos à deficiência de boro, seja porque estes se assemelham à deficiência de zinco, ou porque sua necessidade, por ser pequena, é quase sempre fornecida pela matéria orgânica do solo, mas é sabido que a deficiência de boro causa alterações na estrutura de alguns cereais, tomando-os mais suscetíveis ao ataque de alguns fungos (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

O cobre é um nutriente essencial para o crescimento das plantas, quando em níveis adequados, sendo conhecido por desempenhar importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas (Haque, Aduayi e Sibanda, 1993). Participando de diversos processos metabólicos nas plantas, tanto a deficiência (Haque, Aduayi e Sibanda, 1993 e Marschner, 1995) quanto a toxidez de cobre (Lidon e Henriques, 1991 e Moocquot et al., 1996) ocasionam redução da taxa fotossintética. O cobre não tem sido motivo de muitas pesquisas com a cultura do arroz, o que parece estar relacionado com a inconsistência das respostas obtidas até então. A escassez de informações sobre a deficiência de cobre possivelmente está relacionada a aplicações do mesmo via adubos e corretivos (Bertoni, 1997). A grande afinidade do cobre pela matéria orgânica (Vale, Guilherme e Guedes, 1993) e a sua expressiva ocorrência em solos hidromórficos tomam-se fatores agravantes no entendimento destes sistemas.

Bertoni et al. (1999), estudando o efeito do cobre na nutrição e crescimento do arroz cultivado em solos de várzea sob inundação, observaram que o efeito do Cu sobre a absorção de nutrientes, refletido em seus teores e

acúmulo na parte aérea das plantas de arroz, foi distinto entre os solos de várzea sob inundação, sendo que o teor de matéria orgânica mostrou ser o principal atributo discriminatório.

O ferro se encontra na solução do solo principalmente como Fe^{3+} , Fe^{2+} e quelatizado, sendo absorvido nas duas últimas formas. A maior parte está como Fe^{3+} insolúvel, que as raízes não conseguem absorver. A absorção do ferro é influenciada por outros cátions como K, Ca e Mg. O Cu, Zn e Mn podem induzir deficiência presumivelmente por inibição competitiva. Devido às condições redutoras (privação de O_2), nos solos irrigados por inundação, campos de arroz, por exemplo, o Fe^{3+} passa a Fe^{2+} , que pode atingir níveis tóxicos. Nos arrozais, antes da inundação, o teor de Fe solúvel em geral não passa de $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ mas, depois dela, pode atingir 600 mg kg^{-1} (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). A toxicidade de ferro é um sério problema em arroz irrigado (Fageria e Rabelo, 1987), podendo ser considerada a maior desordem nutricional em sistemas de cultivos estabelecidos em solos orgânicos inundados que contêm ferro reduzido. Genon et al. (1994) encontraram teores foliares maiores que $250 \mu\text{g g}^{-1}$, induzindo diminuição na absorção de outros nutrientes e conseqüente redução na produção de grãos. Segundo Jones, Benjamim e Mills (1991), nas plantas em geral, a concentração de Fe foliar encontra-se em uma amplitude de 10 a $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ na matéria seca, mais freqüente entre 50 e $75 \mu\text{g g}^{-1}$. Por outro lado, de acordo com Vose (1982), a faixa normal varia entre 60-300 $\mu\text{g g}^{-1}$, para plantas deficientes entre 10-30 $\mu\text{g g}^{-1}$, enquanto que em condições de excesso, 400 a $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ podem ser encontrados.

Fageria, Barbosa Filho e Carvalho (1981) verificaram que o teor de Fe na parte aérea das plantas de arroz tem aumentado nos diferentes estádios de crescimento com o aumento na concentração de Fe em solução nutritiva, encontrando que os níveis tóxicos de Fe na parte aérea aos 20 e 40 dias de crescimento foram 680 e $850 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente. Segundo Barbosa Filho,

Fageria e Stone (1983), a relação entre os teores de macro e micronutrientes e o teor de ferro é importante para compreender o comportamento diferencial de uma mesma cultivar de arroz em função do tipo de solo e da concentração de Fe na parte aérea. Fageria (1989) comenta que altas concentrações de Fe provocaram redução nos parâmetros de crescimento em plantas de arroz, como: altura de plantas, número de perfilhos, comprimento de raiz e peso de matéria seca da parte aérea e raiz de diferentes cultivares de arroz, com grandes variações entre cultivares. Paula et al. (1990) verificaram que as cultivares mais tolerantes à toxicidade de Fe^{2+} apresentaram maiores relações entre os teores de P, K, Ca, Mg, Zn e o teor de Fe na parte aérea das plantas, e que os teores de P, K, Ca, Mg do solo têm efeito indireto na redução da toxicidade. Mesquita et al. (1997), testando e identificando 132 linhagens e 4 cultivares de arroz irrigado com tolerância diferenciada à toxidez de ferro, observaram que apesar da alta concentração de ferro no solo, os teores na parte aérea foram adequados, provavelmente pelo fato de ter sido o trabalho conduzido em condições de campo, onde há maior desenvolvimento radicular, maior volume de solo a ser explorado e a fertilidade natural ter sido corrigida. Baseado no rendimento e manifestação dos sintomas, as linhagens e cultivares que apresentaram melhor comportamento quanto à tolerância à toxidez de ferro foram, respectivamente: PR 492, CNA 8284, CNA 8232 e a cultivar Javaé. Segundo os autores, a concentração de ferro na solução do solo para causar toxidez, difere, além da cultivar e condições ambientais, também do estado nutricional.

Com relação ao manganês, à semelhança do ferro, é exigido pela planta de arroz em quantidades relativamente altas quando comparadas com a de outros micronutrientes (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993). Conforme Jones, Benjamim e Mills (1991), os micronutrientes ferro e manganês estão estreitamente correlacionados na nutrição de plantas. Estudos realizados em hidroponia têm mostrado que altos níveis de ferro reduzem o conteúdo de

manganês na planta e vice-versa, provavelmente por inibição competitiva. Segundo Malavolta (1989) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), o manganês inibe competitivamente a absorção de ferro. A deficiência de manganês no arroz não é comum em condições de campo, e caracteriza-se por clorose interveinal das folhas mais novas. As faixas amareladas vão da ponta para a base da folha e surgem manchas necróticas na lâmina (Fomasieri Filho e Fomasieri, 1993). Existem grandes variações entre espécies e entre cultivares, dentro das espécies, no que diz respeito à susceptibilidade à deficiência de manganês. Algumas diferenças podem ser expressas em termos de taxa de crescimento, variações na relação raiz/parte aérea. Algumas plantas têm a habilidade de modificar as condições de ambiente das raízes, alterando o grau de disponibilidade de manganês no solo. Diferenças em fatores tais como capacidade redutora das raízes, produção de exudados, absorção diferencial de íons afetando o pH na rizosfera, variações na atividade microbiana na região das raízes, podem estar envolvidos nas diferenças entre plantas em alterarem o meio rizosférico (Granham, 1988).

De um modo geral, aceita-se que a absorção radicular do Zn^{2+} se dê ativamente, embora nas raízes cerca de 90% do elemento ocorram em sítios de troca ou adsorvidos nas paredes das células do parênquima cortical. A absorção foliar também é ativa. O processo é favorecido por um pH do meio em torno de 6,0 e diminui muito quando o pH está perto de 3,0 (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). As plantas de arroz absorvem, até o estágio de perfilhamento, cerca de 7% do zinco total necessário; entre o perfilhamento e o florescimento, 46% do total; e 47% entre o florescimento e a maturidade. Ao final do ciclo, na palha, acham-se retidos 55% do zinco total, 24% nos grãos e 21% na casca (Sinch e Sinch, 1980 citados por Fomasieri Filho e Fomasieri, 1993). Observa-se que, na Ásia, mais de dois milhões de hectares cultivados com arroz inundado sofrem da deficiência de zinco e no Brasil, na maioria de solos de cerrado, o teor de



zinco situa-se abaixo do nível crítico (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993). Segundo esses mesmos autores, a disponibilidade do zinco para as plantas é condicionada a fatores tais como a submersão do solo, a baixos teores de zinco no solo, ao uso de altas doses de nitrogênio e a adubações pesadas de fósforo. As cultivares de arroz diferem quanto à suscetibilidade à deficiência de zinco devido principalmente à grande diferença entre elas na absorção de ferro (Chaudry e Alam, 1977; Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993).

2.5 Teores considerados adequados para a cultura do arroz

Algumas cultivares de arroz podem extrair os elementos essenciais mais eficientemente do que outras, mesmo em solos deficientes. As diferenças encontradas entre as cultivares na resposta a nutrientes podem ser explicadas por mecanismos fisiológicos como diferentes taxas de absorção e translocação e diferenças morfológicas no sistema radicular (Malavolta e Fornasieri Filho, 1983). A quantidade de nutrientes removidos do solo pelas plantas de arroz é muito variável e depende da quantidade de matéria seca produzida e seu teor nas plantas que, por sua vez, varia segundo a disponibilidade de nutrientes no solo. Perdomo et al. (1985) citam trabalhos em que a cultivar CICA 8, em solo com alto teor de matéria orgânica, utiliza os macronutrientes na seguinte seqüência $N > K > P$. Porém, esta cultivar, em solos de média fertilidade, se comporta de forma similar às outras cultivares na seqüência $K > N > P$.

Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), a amostragem para diagnose foliar para a cultura do arroz está situada na época do meio do perfilhamento. Em geral, as folhas mais novas, que tenham completado seu desenvolvimento normal, mas que ainda não entraram em senescência, situadas pouco abaixo do ponto terminal de crescimento, refletem com maior precisão o

estado nutricional da planta (Barbosa Filho e Fageria, 1980).

Paula et al. (1991), estudando a curva de resposta e avaliação do nitrogênio em solos de várzea para o arroz inundado, observaram que o teor foliar analisado aproximadamente 30 dias após a germinação parece ser o melhor indicativo da disponibilidade do nitrogênio para a cultura do arroz.

As faixas de teores de macro e micronutrientes consideradas adequadas para a cultura do arroz na época do meio do perfilhamento, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), são as seguintes: macronutrientes em g kg^{-1} : N (40-48); P (2,5-4,0); K (25-35); Ca (7,5-10); Mg (5-7); S (1,5-2); micronutrientes em mg kg^{-1} : B (40-70); Cu (10-20); Fe (200-300); Mn (100-150); Zn (25-35). Fageria (1984) e Fageria et al. (1995) mostram as seguintes faixas de teores: macronutrientes em g kg^{-1} : N (26-42) na diferenciação da panicula; P (2,5-4,8) aos 75 dias de idade; K (15-40) aos 75 dias de idade; Ca (2,5-4) aos 100 dias de idade; Mg (1,7-3) aos 100 dias de idade; S (2-6) no perfilhamento; micronutrientes em mg kg^{-1} : B (20-100); Cu (5-20); Fe (70-300); Mn (30-600); Zn (20-150) no estágio de perfilhamento.

Deve-se considerar, entretanto, que esses valores são indicações muito gerais: condições de solo, clima e cultivares poderão influenciar os mesmos, aumentando-os ou diminuindo-os (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). Isso pode ser observado no trabalho realizado por Assis (1997), que avaliou a resposta do arroz à calagem, à adubação e à aplicação de silício em dois solos orgânicos sob inundação, verificando que os níveis críticos propostos em literatura nem sempre foram efetivos para as condições do experimento e que os teores de P e K no solo e na planta não se revelaram bons indicadores do estado nutricional, uma vez que ocorreu limitação ao crescimento mesmo quando estes valores se apresentaram acima do nível crítico, reforçando a idéia de que o nível crítico não depende apenas do elemento em si, mas da sua interação com outros nutrientes, do manejo e da cultivar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, localizada em Lambari, uma vez que esta é a principal base física da empresa utilizada no desenvolvimento de pesquisas com a cultura do arroz irrigado no estado de Minas Gerais, e no Campo Experimental de Cambuquira, por ser um local onde foram encontrados os solos mais propícios (característicos) para a implantação do experimento nas safras de 1994/1995 e 1995/1996.

Anteriormente à instalação do experimento, as áreas foram percorridas e os solos previamente classificados segundo metodologia preconizada pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (EMBRAPA, 1979). Em Lambari, foram encontrados os solos Glei Húmico e Glei Pouco Húmico, e em Cambuquira, os solos Orgânico, Glei Húmico e Glei Pouco Húmico. Os resultados das análises realizadas são mostrados nas Tabelas 1 e 2, seguindo metodologia proposta por Vettori (1969) e modificada pela EMBRAPA (1979) e Camargo et al. (1986). A calagem e a adubação foram feitas com base nos resultados das análises de solo (Tabelas 1 e 2) nas safras 1994/1995 e 1995/1996, respectivamente, e conforme a recomendação da CFSEMG (1989).

Para a instalação do experimento, utilizaram-se as cultivares: Urucuia, Capivari, Sapucaí, Inca e MG1, as quais são recomendadas para Minas Gerais. As descrições destas cultivares encontram-se na Tabela 3. As sementes destinadas ao plantio foram analisadas através dos testes físicos e fisiológicos, obtendo-se os resultados apresentados na Tabelas 4. Para superar a dormência (característica apresentada pelas cultivares irrigadas após a colheita), as sementes foram submetidas ao tratamento em estufa de circulação forçada de ar a 40° C por 7 dias, e em seguida avaliadas através do teste padrão de

germinação. Foi realizado também o teste de sanidade de sementes (Tabela 5), feito através do método de papel de filtro, com congelamento, avaliando-se 100 sementes/parcela num total de 400 sementes por tratamento. Esses testes foram feitos seguindo prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

TABELA 1. Resultados das análises de fertilidade, matéria orgânica e textura dos solos (1994/1995).

	Cambuquira			Lambari	
	O	GH	GP	GP	GH
pH em água (1:2,5)	5,0	4,5	4,7	5,2	5,2
P (mg/dm ³)	23	18	9	23	48
K (mg/dm ³)	34	45	45	81	28
Ca (mmol/dm ³)	15	22	14	24	18
Mg (mmol/dm ³)	11	8	2	6	4
Al (mmol/dm ³)	12	8	4	5	6
H+Al (mmol/dm ³)	110	88	45	56	79
SB (mmol/dm ³)	27	31	17	32	23
t (mmol/dm ³)	39	39	21	36	29
T (mmol/dm ³)	137	119	62	88	102
m (%)	31	20	19	11	21
V (%)	20	26	28	36	22
Carbono (g/kg)	84	39	17	21	32
Mat. Org. (g/kg)	146	67	30	37	56
Areia (g/kg)	260	100	320	220	450
Silte (g/kg)	460	540	550	560	430
Argila (g/kg)	280	360	130	220	120

O= Orgânico; GH= Gleí Húmico; GP= Gleí Pouco Húmico

* extratores: Ca, Mg e Al = KCl 1N; P = Resina; K = Mehlich 1; (H+Al) = Acetato de cálcio 1N a pH 7.

Para o controle preventivo de pragas, trataram-se as sementes com Furadan 350 na dose de 1,5 l/100 kg de sementes. As plantas daninhas foram controladas por capinas manuais e pela lâmina d'água, mantendo-se os ensaios livres de invasoras. A irrigação dos tabuleiros iniciou-se em torno de 10 dias

após o transplântio das mudas; a água somente foi retirada próximo à maturação dos grãos. A colheita foi processada quando os grãos atingiram a umidade de 20 a 22%. A produção de grãos foi obtida pela pesagem de todos os grãos da parcela útil, após a limpeza e secagem uniforme ao sol até atingirem a umidade homogênea, em torno de 13%.

Implantou-se o experimento no campo adotando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, sendo que cada bloco apresentava uma área de 240 m². Na Fazenda Experimental de Lambari (FELB), foram utilizados dois solos, Glei Húmico e Glei Pouco Húmico, e cinco cultivares (Sapucaí, Capivari, Urucuia, Inca e MG1), com quatro repetições. No campo experimental de Cambuquira (CECB), foi montado de forma semelhante, utilizando-se três solos: Orgânico, Glei Húmico e Glei Pouco Húmico. As parcelas constituíram-se de 6 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,3 m entre si, sendo a área útil constituída das quatro fileiras internas. As sementes de arroz foram semeadas em canteiros feitos com os solos correspondentes ao experimento. Em seguida, foi feito o transplântio, colocando-se quatro mudas por cova, espaçadas de 0,20 m dentro da linha.

A análise foliar foi feita aproximadamente 30 dias após o transplântio (d.a.t.) das mudas de arroz e por ocasião da colheita, sendo esta realizada ao final do ciclo da cultura, quando então foi cortada a parte aérea rente ao solo. A parte aérea das plantas de arroz foi lavada em água destilada e levada a secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, em sacos de papel, até peso constante, para subsequente moagem da parte aérea e determinação dos teores de macro e micronutrientes.

Os teores de nutrientes foram determinados segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). As amostras de material seco (folha+colmo) foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação dos teores de macro e micronutrientes, exceto boro, cujas amostras foram submetidas à digestão por

via seca. As concentrações de cálcio e magnésio foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica; o potássio por fotometria de chama, fósforo e boro por colorimetria, enxofre por turbidimetria e o nitrogênio pelo método de Kjeldahl.

TABELA 2. Resultados das análises de fertilidade, matéria orgânica e textura dos solos (1995/1996).

	Cambuquira			Lambari	
	O	GH	GP	GP	GH
pH em água (1:2,5)	5,1	5,0	4,9	5,2	5,4
P (mg/dm ³)	15	13	7	15	72
K (mg/dm ³)	36	36	33	58	50
Ca (mmol/dm ³)	17	22	19	27	31
Mg (mmol/dm ³)	7	6	2	6	3
Al (mmol/dm ³)	12	4	2	3	7
H+Al (mmol/dm ³)	137	88	50	70	98
SB (mmol/dm ³)	25	29	22	34	35
t (mmol/dm ³)	37	33	24	37	42
T (mmol/dm ³)	162	117	72	104	133
m (%)	33	12	8	8	17
V (%)	15	25	30	33	26
Carbono (g/kg)	65	35	16	21	27
Mat. Org. (g/kg)	112	59	27	35	46
Areia (g/kg)	320	80	350	240	420
Silte (g/kg)	350	370	240	410	370
Argila (g/kg)	330	550	410	350	210

O= Orgânico; GH= Gleí Húmico; GP= Gleí Pouco Húmico

* extratores: Ca, Mg e Al = KCl 1mol L⁻¹; P = Resina; K = Mehlich 1; (H+Al) = Acetato de cálcio 1N a pH 7.

As variáveis estudadas tiveram seus dados submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan. Os níveis de significância considerados foram de 5% (*) e 1% (**) de probabilidade. A análise de variância foi efetuada pelo programa estatístico SAEG.

TABELA 3. Descrição das cultivares utilizadas no experimento.

Cultivares	Urucuaia	Capivari	Sapucai	Inca	MG 1
			Características		
Ciclo de maturação (dias)	153	160	160	140 a 155	130 a 145
Floração (dias)	123	132	130	100 a 125	90 a 115
Altura das plantas (cm)	82	80	80	84	85 a 100
Perfilhamento	ótimo	ótimo	ótimo	bom	ótimo
Acamamento	resistente	resistente	resistente	resistente	resistente
Comprimento da panícula (cm)	24	23	23,2	19	25
Classe de grãos	longo fino	longo fino	longo fino	longo fino/ translúcido	longo fino
Peso de 100 grãos (g)	2,53	2,50	2,54	2,51	2,84
Toxidez de Fe ²⁺	moderada\, tolerante	tolerante	tolerante	-	-
Resistência a doenças					
•Brusone na folha	muito resistente	moderada\, resistente	moderada\, resistente	resistente	resistente
•Brusone no pescoço	resistente	moderada\, resistente	moderada\, resistente	resistente	resistente
•Mancha estreita	-	-	-	-	-
•Mancha de grãos	resistente	resistente	resistente	resistente	moderada\, suscetível
•Mancha parda	-	-	-	tolerante	moderada\, suscetível

Fonte: Moraes e Soares (1982); Soares et al. (1995)

TABELA 4. Resultados das avaliações físicas e fisiológicas realizadas nas sementes de arroz, destinadas à montagem dos experimentos.

Cultivares	Umidade	Sementes Puras	Germinação Padrão
		%	
Urucuia	12,5	99,9	92
Capivari	12,7	99,9	97
Sapucaí	12,8	99,9	94
Inca	12,7	99,9	94
MG 1	12,8	99,9	85

TABELA 5. Resultados do teste de sanidade realizado nos lotes de sementes de arroz utilizados no plantio em Cambuquira e Lambari.

PATÓGENOS	Lotes				
	Urucuia	Capivari	Sapucaí	Inca	MG1
	%				
<i>Drechslera oryzae</i>	4,00	4,50	3,75	0,75	4,75
<i>Pyricularia grisea</i>	2,50	10,20	19,20	0,25	3,75
<i>Trichoconiella padwickii</i>	-	-	1,00	0,50	0,25
<i>Phoma</i> sp	33,20	7,25	11,50	1,25	1,25
<i>Rhynchosporium oryzae</i>	-	1,75	2,50	3,00	-

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teores de macronutrientes

O resumo da análise de variância dos teores de macronutrientes aos 30 dias após o transplântio (d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em diferentes solos de várzea, em Cambuquira e Lambari, pode ser observado nas Tabelas 1A e 2A. Observa-se que, de uma maneira geral, as cultivares e os solos influenciaram significativamente e de modo diferenciado as concentrações de macronutrientes na parte aérea das plantas de arroz.

Os teores de nitrogênio na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzea de Cambuquira e Lambari são mostrados na Tabela 6 (safra 94/95) e 7 (safra 95/96).

TABELA 6. Teores de nitrogênio na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

Teor g kg ⁻¹	Cultivares	Solos				
		O ¹	GH ¹	GP ¹	GP ²	GH ²
N*	Capivari	21,5a C	20,9a C	31,1a A	32,7a A	26,5a B
	Sapucaí	20,3ab C	19,1abc C	29,0a AB	30,5a A	26,2a B
	Urucuia	18,0ab C	17,6bc C	24,2b B	32,3a A	25,9a B
	Inca	21,4a BC	20,3ab C	29,6a A	30,7a A	24,9a B
	MG 1	17,3b C	16,9c C	24,1b B	30,2a A	27,0a AB
N**	Capivari	7,7ab C	11,2a AB	9,7a BC	13,1a A	4,7a D
	Sapucaí	9,0a B	10,4a B	9,7a B	12,9a A	5,0a C
	Urucuia	6,5b C	7,8b BC	9,2a AB	10,3b A	4,6a B
	Inca	8,4ab C	11,2a AB	9,1a BC	12,1ab A	4,6a D
	MG 1	6,4b BC	7,8b B	8,6a B	11,1ab A	5,1a C

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Pode-se observar, safra 94/95, que os teores de nitrogênio aos 30 d.a.t. e na colheita mostraram interação significativa entre solos e cultivares (Tabela 6). Aos 30 d.a.t., todas as cultivares apresentaram maiores teores de nitrogênio quando se encontraram no solo GP de Lambari, sendo que as cultivares Capivari, Inca e Sapucaí também apresentaram maiores teores de nitrogênio no solo GP de Cambuquira e a cultivar MG1 no GH de Lambari. Analisando-se as cultivares dentro de cada solo, pode-se observar que, em Cambuquira, no solo O, as cultivares Capivari e Inca apresentaram os maiores teores de nitrogênio e a cultivar MG1 foi a que apresentou os menores. No solo GH, houve comportamento semelhante, ou seja, a cultivar Capivari apresentou os maiores teores desse nutriente e a MG1 os menores, e no GP as cultivares Capivari, Sapucaí e Inca apresentaram os maiores teores de nitrogênio nesse estádio e MG1 e Urucuia os menores, os quais não diferiram entre si. Em Lambari, nos solo GP e GH as cultivares não apresentaram diferença significativa quanto aos teores de nitrogênio na parte aérea. Na colheita, analisando-se dentro de cada cultivar, todas, de modo geral, novamente apresentaram maiores teores de nitrogênio quando se encontraram no solo GP de Lambari (Tabela 6). Entretanto, nesse estádio, as plantas cultivadas nos GH e O de Cambuquira, que aos 30 d.a.t. apresentaram os menores teores de nitrogênio, na colheita passaram a apresentar teores intermediários, superando, de modo geral, aquelas cultivadas no solo GH de Lambari, evidenciando uma menor capacidade de fornecimento de nitrogênio deste solo com o decorrer do ciclo da cultura em relação aos dois primeiros. Analisando-se as cultivares dentro de cada solo, em Cambuquira, no solo O a cultivar Sapucaí foi superior à Urucuia e MG1, sendo que a Inca e Capivari foram intermediárias, não diferindo das demais; no solo GH as cultivares Capivari, Sapucaí e Inca foram iguais e superiores às demais, que não diferiram entre si; no solo GP não houve diferença significativa dos teores de nitrogênio na parte aérea das cultivares. Em Lambari, no solo GP, novamente as

cultivares Capivari e Sapucaí se apresentaram superiores e a Urucuia foi a cultivar que apresentou os menores teores de nitrogênio na parte aérea, e no solo GH não houve diferença significativa entre as cultivares, apresentando, dessa forma, o mesmo comportamento dos 30 d.a.t..

Já na safra 95/96, as plantas cultivadas no solo GP de Cambuquira apresentaram maiores teores de nitrogênio na parte aérea, aos 30 d.a.t., que aquelas cultivadas nos demais solos, à exceção do solo O, as quais não diferiram entre si (Tabela 7). Na colheita, as plantas cultivadas no solo GH de Cambuquira apresentaram os menores teores de nitrogênio na parte aérea, sendo que as plantas cultivadas nos solos de Lambari foram superiores aos demais e as cultivadas no solo GP e O de Cambuquira apresentaram teores intermediários e semelhantes às demais (Tabela 7). Com relação às cultivares, aos 30 d.a.t. a cultivar Inca apresentou menores teores desse nutriente que a cultivar Urucuia, sendo que as outras cultivares apresentaram teores intermediários, não diferindo das anteriores e entre si (Tabela 7). Na colheita, não houve diferença significativa para cultivares em ambos os locais (Tabela 8). Nesta safra, assim como na anterior, pode ser notado que no final do ciclo da cultura, as diferenças entre cultivares, quanto aos teores de nitrogênio na parte aérea, são menores que aos 30 d.a.t.. É na fase inicial que ocorre a maior absorção, sendo que, com o decorrer do ciclo, ocorre a redistribuição de nitrogênio para os órgãos vegetativos mais novos e reprodutivos, fazendo com que as diferenças na parte aérea sejam minimizadas. Também pode ser observado que houve grande variação nos teores de nitrogênio na parte aérea das cinco cultivares de arroz nos cinco solos em estudo (Tabelas 6 e 7), mostrando que apesar do solo O apresentar os maiores teores de matéria orgânica no solo, esta nem sempre está associada a uma maior disponibilidade de nitrogênio para o arroz irrigado, não podendo, portanto, ser utilizada como estimativa do teor de nitrogênio (Fomasieri Filho e Fomasieri, 1993). Segundo esses autores, resultados de

experimentos de campo demonstram haver baixa relação entre o teor de matéria orgânica do solo e a resposta da cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados. Resultados semelhantes foram observados por Paula et al. (1991) e, segundo Ponnampertuma (1972), isso ocorre devido à decomposição da matéria orgânica ser resultante da interação de múltiplos fatores.

TABELA 7. Teores de nitrogênio na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	N*	N**
O ¹	30,0ab	11,8ab
GH ¹	28,7b	10,0b
GP ¹	31,2a	11,9ab
GP ²	29,3b	14,3a
GH ²	28,4b	13,5a
CULTIVARES	N*	N**
Capivari	29,3ab	12,9a
Sapucaí	29,6ab	12,0a
Urucuia	30,4a	12,2a
Inca	28,7b	12,7a
MG 1	29,6ab	11,8a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Ao se compararem os teores de nitrogênio, safra 94/95, aos 30 d.a.t., com os teores considerados adequados para a cultura do arroz no estágio do meio do perfilhamento, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que seriam em torno de 40-48 g kg⁻¹, verifica-se que os teores se encontraram abaixo dos adequados (Tabela 6). Entretanto, para Fageria (1984) e Fageria et al. (1995),

que consideram uma faixa adequada um pouco mais ampla, 26–42 g kg⁻¹, porém na diferenciação da panícula, no solo GP de Cambuquira, as cultivares Capivari, Sapucaí e Inca se encontraram dentro dessa faixa; no solo GP de Lambari, todas as cultivares apresentaram-se com teores considerados adequados e no solo GH de Lambari, somente a cultivar Inca se encontrou abaixo do limite inferior dessa faixa.

Deve-se considerar, entretanto, que esses valores são indicações muito gerais; condições de solo, clima e cultivares poderão influenciar os mesmos, aumentando-os ou diminuindo-os (Malavolta, Vitti e Oliveira 1997).

Na colheita, os teores de nitrogênio na parte aérea das cultivares de arroz foram baixos (Tabela 6), explicado pelo fato da análise ter sido feita no final do ciclo (Yoshida, 1981) e também devido à maior translocação desse nutriente das folhas para os grãos (Malavolta, 1980). Comportamento semelhante foi observado na safra 95/96 (Tabela 7). A concentração de nitrogênio, segundo Ishizuka (1971), é mais alta para o primeiro estágio de crescimento, decrescendo ligeiramente com o tempo após a translocação, e voltando a crescer até a diferenciação do primórdio floral, em que novamente decresce até o estágio de enchimento de grãos, quando a concentração permanece quase constante até a completa maturação do grão.

As Tabelas 8 e 9 (safra 94/95) e a Tabela 10 (safra 95/96) mostram os teores de fósforo na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzeas inundados, em Cambuquira e Lambari.

Com relação aos teores de fósforo na parte aérea das cultivares 30 d.a.t., nas duas safras em estudo, os maiores teores desse nutriente foram observados nas plantas cultivadas no solo GP de Lambari. Observa-se, também, que aos 30 d.a.t. as plantas cultivadas nos solos de Lambari (GP e GH) sempre apresentaram teores de P na parte aérea superiores àsquelas de Cambuquira, com exceção na safra 94/95, para o solo GH de Cambuquira, que nessa safra

apresentou teores na parte aérea similares aos das plantas cultivadas no solo GP de Lambari (Tabelas 8 e 10).

Os maiores teores de fósforo no solo, aliados à submersão, podem ter sido os fatores que mais contribuíram para a presença desses maiores teores de fósforo na parte aérea das plantas de arroz para os solos de GP e GH de Lambari (Bora e Goswami, 1980; Motta, 1988 e Holanda, 1992).

A cultivar Urucuia apresentou os maiores teores de fósforo na parte aérea, safra 94/95 (Tabela 8), e na safra 95/96, as cultivares Urucuia e MG1 se mostraram superiores, não diferindo entre si estatisticamente (Tabela 10).

TABELA 8. Teores de fósforo na parte aérea, aos 30 dias após transplântio, de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)
	P
O ¹	1,8c
GH ¹	1,8c
GP ¹	2,3b
GP ²	2,5a
GH ²	2,3b
CULTIVARES	P
Capivari	2,1ab
Sapucaí	2,0b
Urucuia	2,2a
Inca	2,1ab
MG 1	2,1ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico

Houve interação significativa para os teores de fósforo na parte aérea das plantas de arroz para solos e cultivares safra 94/95, na colheita (Tabela 9), sendo que o mesmo não ocorreu para as variáveis em estudo na safra 95/96 no referido estágio (Tabela 10). Em Cambuquira, no solo O, a cultivar Sapucaí apresentou os maiores teores de fósforo na parte aérea das plantas de arroz; no solo GH foi a cultivar Capivari, e no solo GP não houve diferença estatística entre as cultivares. Em Lambari, no solo GP, a cultivar Sapucaí apresentou os maiores teores desse nutriente e no GH não houve diferença significativa entre elas (Tabela 9).

TABELA 9. Teores de fósforo na parte aérea, por ocasião da colheita, de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

Teor g kg ⁻¹	Cultivares	Solos				
		O ¹	GH ¹	GP ¹	GP ²	GH ²
P	Capivari	1,0ab C	1,8a B	1,1a C	3,8ab A	1,1a C
	Sapucaí	1,2a C	1,7ab B	1,1a C	4,2a A	1,2a C
	Urucuaia	0,7b C	1,2c B	1,3a B	3,2c A	1,4a B
	Inca	1,0ab C	1,6abc B	1,3a BC	3,3bc A	1,1a C
	MG 1	0,7b C	1,3bc B	1,2a BC	3,2c A	1,3a BC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

Somente as plantas de arroz cultivadas no GP de Lambari, nas duas safras, aos 30 d.a.t., se mostraram com teores próximos aos adequados, 2,5-4,0 g kg⁻¹ segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), e 2,5-4,8 g kg⁻¹ segundo Fageria (1984) e Fageria et al. (1995) (Tabelas 8 e 10), sendo que nos demais casos os teores se encontraram abaixo. Na colheita, safra 94/95, esse fato se

repete (Tabela 9). Como os teores de fósforo no solos se encontravam em níveis médios e a aplicação desse nutriente foi baseada nesses resultados, os baixos níveis observados na parte aérea das plantas podem Ter sido devido a deficiência de magnésio. Segundo Malavolta (1997), o magnésio é considerado “carregador de fósforo”, sendo que esse papel é explicado possivelmente pela participação do magnésio na ativação de ATPases da membrana implicadas na absorção iônica.

TABELA 10. Teores de fósforo na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	P*	P**
O ¹	1,4e	0,7a
GH ¹	1,8d	0,8a
GP ¹	2,0c	1,1a
GP ²	2,8a	1,7a
GH ²	2,3b	1,5a
CULTIVARES	P*	P**
Capivari	1,9b	1,1a
Sapucaí	1,9b	1,1a
Urucuia	2,2a	1,4a
Inca	2,0ab	1,1a
MG 1	2,2a	1,2a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Observa-se, no geral, que os teores de fósforo na parte aérea das cultivares, nos diferentes solos, se encontraram mais baixos na colheita, com

exceção das plantas cultivadas no solo GP de Lambari, o que se deve à translocação desse nutriente das folhas para os grãos (Malavolta, 1980).

Os teores de potássio encontrados na matéria seca da parte aérea das plantas de arroz, nos solos de várzea de Cambuquira e Lambari, são mostrados nas Tabelas 11 (safra 94/95) e 12 (safra 95/96).

Os maiores teores de potássio na parte aérea, aos 30 d.a.t., foram observados nas plantas cultivadas no solo GP de Cambuquira, safra 94/95, (Tabela 11) e de Lambari, safra 95/96 (Tabela 12) seguindo, em geral, a mesma tendência dos teores iniciais do solo.

Ainda analisando os dados referentes aos 30 d.a.t., na safra 94/95, as cultivares Capivari e Sapucaí apresentaram os maiores teores de potássio na parte aérea e a cultivar MG1 os menores, sendo que as outras cultivares apresentaram teores intermediários, não diferindo estatisticamente entre si e nem das demais (Tabela 11). Na safra 95/96, as cultivares Urucuia e MG1 apresentaram os maiores teores de potássio na matéria seca de parte aérea das plantas de arroz, e a cultivar Capivari os menores teores, sendo que as demais cultivares apresentaram teores intermediários, não diferindo entre si e nem das anteriores (Tabela 12). Na colheita, safra 94/95, houve a mesma tendência, ou seja, as cultivares que se encontravam no solo GP de Cambuquira apresentaram os maiores teores de potássio na matéria seca da parte aérea (Tabela 11), e na safra 95/96 as plantas cultivadas nos solos de Lambari apresentaram esse comportamento (Tabela 12).

As plantas cultivadas no solo O, em geral, nas duas safras, apresentaram os menores teores desse nutriente na parte aérea. Na colheita, safra 94/95, a cultivar Inca apresentou os menores teores de potássio (Tabela 11) e não houve diferença significativa para cultivares na safra 95/96 (Tabela 12). Comparativamente, os dados relativos aos teores de potássio na parte aérea das plantas de arroz, aos 30 d.a.t., e por ocasião da colheita indicam que houve, na

colheita, uma menor distinção entre cultivares. Isto pode ser melhor observado analisando-se a Tabela 12 relativa à safra 95/96, e este comportamento pode ser explicado principalmente pela redistribuição do potássio das folhas mais velhas para as mais novas, já que o potássio tende a ficar mais na parte vegetativa das plantas (Malavolta, 1980).

TABELA 11. Teores de potássio na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	K*	K**
O ¹	18,5bc	20,9d
GH ¹	17,1c	23,8c
GP ¹	22,5a	30,2a
GP ²	19,4b	26,6b
GH ²	18,5bc	26,0b
CULTIVARES	K*	K**
Capivari	20,5a	25,0ab
Sapucaí	19,3a	26,5a
Urucuia	19,8ab	26,4a
Inca	20,6ab	23,6b
MG 1	19,8b	26,0a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplante ** colheita

Somente as plantas cultivadas no solo GP de Lambari, aos 30 d.a.t., safra 95/96, se encontraram dentro da faixa adequada para os teores de potássio, 25-35 g kg⁻¹, baseando-se em Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) (Tabela 12).

TABELA 12. Teores de potássio na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	K*	K**
O ¹	20,3c	9,4b
GH ¹	22,9b	11,4ab
GP ¹	23,2b	11,4ab
GP ²	26,6a	11,8a
GH ²	21,9bc	12,0a
CULTIVARES	K*	K**
Capivari	21,5b	10,9a
Sapucaí	22,3ab	10,4a
Urucuia	24,3a	11,7a
Inca	22,8ab	10,9a
MG 1	23,8a	12,0a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Na safra 94/95, de maneira geral, os teores observados na colheita em relação aos 30 d.a.t. tenderam a aumentar, sendo que as plantas cultivadas no solo GP de Cambuquira e Lambari e GH de Lambari apresentaram teores adequados para uma boa produção (Tabela 11). Esses maiores teores na colheita se devem ao fato do potássio ficar mais na parte vegetativa (Malavolta, 1980). Dentre as cultivares, safra 94/95, somente a Inca apresentou teores abaixo do adequado nesse mesmo estágio (Tabela 11), e na safra 95/96 os teores foram considerados baixos (Tabela 12).

O menor teor de potássio nas plantas cultivadas em solos submersos pode ser explicado por uma possível toxidez de ferro (Yoshida, 1981). Nesse estudo, como será mostrado mais adiante, os teores de ferro, nesse mesmo estágio, safra 95/96, se encontram bem acima dos adequados, chegando a níveis

tóxicos, embora a época de análise tenha sido diferente das citadas pelos autores. Para Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), que consideram, como teores adequados, 15-40 g kg⁻¹, observou-se que na colheita, safra 95/96, os teores na parte aérea das plantas de arroz foram considerados baixos em todos os solos em estudo.

A Tabela 13 (safra 94/95) e a Tabela 14 (safra 95/96) mostram os teores de cálcio na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzeas inundados em Cambuquira e Lambari.

Na safra 94/95, aos 30 d.a.t. e colheita, houve interação significativa entre as variáveis em estudo. Aos 30 d.a.t., houve grande variação entre os teores de cálcio das cultivares nos solos em estudo, sendo que os menores teores de cálcio na parte aérea das cultivares Capivari, Sapucaí e Inca foram observados no solo GP de Lambari. Por outro lado, os teores nos demais solos foram superiores; para a cultivar Urucua os menores teores foram encontrados no solo GH de Cambuquira e na MG1 nos solos GH de Cambuquira e nos dois solos de Lambari.

No solo O e GP de Cambuquira e GP de Lambari, não houve diferença estatística significativa entre as cultivares quanto ao teor de cálcio na parte aérea das plantas aos 30 d.a.t., safra 94/95. No solo GH de Cambuquira, a cultivar Inca apresentou os maiores teores de cálcio na parte aérea das plantas de arroz, e no GH de Lambari as cultivares Inca e Capivari apresentaram os maiores teores, não diferindo entre si estatisticamente (Tabela 13).

Na colheita, safra 94/95, todas as cultivares apresentaram maiores teores de cálcio quando se encontraram nos solos de Lambari, principalmente aquelas cultivadas no solo GH. Nos solos O e GP, em Cambuquira, a cultivar Inca se mostrou superior às demais quanto aos teores de cálcio na parte aérea, e a cultivar MG1 apresentou os menores teores desse nutriente nos três solos de Cambuquira, sendo que, nos solos GH e GP desse local, a cultivar Urucua

apresentou esse comportamento, não diferindo estatisticamente da cultivar MG1. Ainda em Cambuquira, no solo GH, a cultivar Capivari apresentou os maiores teores foliares de cálcio. Em Lambari, no solo GP, a cultivar Urucuia apresentou os maiores teores de cálcio na matéria seca da parte aérea das cultivares de arroz e a Inca os menores, e no GH não houve diferença estatística entre as cultivares (Tabela 13).

Na safra 95/96 não foi observada diferença significativa para os teores de cálcio na matéria seca de parte aérea aos 30 d.a.t., tanto para solos quanto para cultivares e, na colheita, apenas para as cultivares (Tabela 14). Entretanto, na colheita os solos exerceram efeito significativo sobre os teores de cálcio na parte aérea das plantas de arroz, em que os maiores valores foram observados nas plantas cultivadas no solo O de Cambuquira (Tabela 14).

TABELA 13. Teores de cálcio na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

Teor g kg ⁻¹	Cultivares	Solos									
		O ¹		GH ¹		GP ¹		GP ²		GH ²	
Ca*	Capivari	2,0a	AB	2,0ab	AB	2,3a	A	1,7a	B	2,3a	A
	Sapucaí	2,0a	AB	2,0ab	AB	2,3a	A	1,9a	B	2,1ab	AB
	Urucuia	2,1a	A	1,7b	B	2,1a	AB	1,8a	AB	2,1ab	AB
	Inca	2,0a	BC	2,4a	A	2,3a	AB	1,8a	C	2,3a	AB
	MG 1	2,2a	A	1,9b	B	2,1a	AB	1,8a	B	1,9b	B
Ca**	Capivari	3,0ab	D	3,7a	BC	3,6ab	CD	4,3ab	AB	4,8a	A
	Sapucaí	2,9abc	B	3,2ab	B	3,4ab	B	4,5ab	A	4,7a	A
	Urucuia	2,6bc	B	2,7b	B	3,2b	B	4,6a	A	5,1a	A
	Inca	3,1a	D	3,2ab	CD	3,8a	BC	4,1b	AB	4,7a	A
	MG 1	2,5c	C	2,8b	BC	3,2b	B	4,5ab	A	4,8a	A

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico

* 30 dias após o transplantio ** colheita

TABELA 14. Teores de cálcio na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	Ca*	Ca**
O ¹	3,8a	12,3a
GH ¹	3,7a	10,9b
GP ¹	3,6a	8,3d
GP ²	3,9a	9,0cd
GH ²	3,7a	9,8bc
CULTIVARES	Ca*	Ca**
Capivari	3,6a	10,3a
Sapucaí	3,8a	10,4a
Urucuia	3,9a	10,0a
Inca	3,7a	9,7a
MG 1	3,9a	10,0a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Os teores de cálcio na parte aérea das plantas de arroz, apenas na colheita, safra 95/96 (Tabela 14), se encontraram dentro da faixa considerada adequada segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 7,5-10 g kg⁻¹, por ocasião do meio do perfilhamento, ressaltando que essa não é a época de análise citada pelos autores. Aos 30 d.a.t., safra 94/95, os teores de cálcio estão abaixo dos teores adequados propostos por Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), 2,5-4 g kg⁻¹, e na colheita se encontram dentro dos níveis adequados (Tabela 13). Já na safra 95/96, aos 30 d.a.t., os teores foram considerados adequados, e no estádio da colheita (Tabela 14) esses teores estão acima dos considerados pelos últimos autores como adequados, porém, aos 100 dias de idade, chegando a atingir níveis considerados tóxicos por Fageria (1984) e Fageria et al. (1995). Esses altos teores refletem a maior disponibilidade de cálcio na solução do solo como



conseqüência da calagem realizada antes do plantio nesses solos. Tal fato foi verificado também por Holanda (1992). Os maiores teores de cálcio na parte aérea das plantas de arroz na colheita se devem ao fato do cálcio ser considerado um nutriente não móvel, ficando mais na parte vegetativa, havendo uma menor translocação para os grãos (Malavolta, 1980).

Os teores de magnésio na parte aérea das cultivares de arroz, nos solos de várzea de Cambuquira e Lambari, são mostrados nas Tabelas 15 (safra 94/95), 16 e 17 (safra 95/96).

Os maiores teores de magnésio na parte aérea das cultivares nas duas safras, aos 30 d.a.t., foram observados no solo GH de Lambari (Tabelas 15 e 16). Nessa ocasião, com relação às cultivares, houve grande variação nos teores desse nutriente nas duas safras em questão, sendo que a cultivar Capivari apresentou os maiores teores na safra 94/95 (Tabela 15), e a Urucuia na safra 95/96 (Tabela 16).

Na colheita, safra 94/95, os maiores teores de magnésio na parte aérea das plantas de arroz foram observados no solo GP de Lambari, e com relação às cultivares, observou-se que a Capivari, Inca e Sapucaí apresentaram os maiores teores desse nutriente na parte aérea, não havendo diferença estatística entre elas (Tabela 15).

Houve interação significativa entre os fatores para os teores de magnésio na matéria seca da parte aérea das plantas de arroz por ocasião da colheita, safra 95/96 (Tabela 17). Pode-se observar que as plantas de arroz apresentaram maiores teores quando foram cultivadas no solo O de Cambuquira. Em geral, no solo O de Cambuquira e GP de Lambari as cultivares Capivari, Inca e Sapucaí apresentaram os maiores teores de magnésio. No solo GH de Cambuquira, as cultivares Capivari e Sapucaí apresentaram esse comportamento e no solo GP de Cambuquira não houve diferença estatística significativa entre as cultivares. Em Lambari, no GH, a cultivar Sapucaí

apresentou os maiores teores e a MG1 os menores, sendo que as cultivares Inca, Capivari e Urucuia se mostraram intermediárias, não diferindo entre si e nem das demais.

TABELA 15. Teores de magnésio na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	Mg*	Mg**
O ¹	1,7b	1,9c
GH ¹	1,2d	1,3d
GP ¹	1,3c	1,2d
GP ²	1,7b	2,2a
GH ²	2,0a	2,0b
CULTIVARES	Mg*	Mg**
Capivari	1,7a	1,8a
Sapucaí	1,5b	1,7a
Urucuia	1,5b	1,6b
Inca	1,6ab	1,8a
MG 1	1,5b	1,6b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Comparando-se os teores de magnésio, safra 94/95 e 95/96, aos 30 d.a.t. e colheita, com os teores considerados adequados para a cultura do arroz no estágio do meio do perfilhamento propostos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 5-7 g kg⁻¹, verifica-se que os teores encontraram-se bem abaixo dos considerados adequados por esses autores, apesar de ter sido feita a aplicação de calcário dolomítico. Esses baixos teores podem ser decorrentes dos altos teores de cálcio observados nesse estudo. Os teores de ferro na parte aérea das plantas

de arroz também encontraram-se elevados. Segundo Moore, Attanandana e Patrick (1990), quando a concentração de ferro na solução do solo se encontra em níveis elevados, pode haver competição entre ferro e magnésio por sítios de absorção. Porém, de acordo com os teores propostos por Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), 1,7-3 g kg⁻¹, aos cem dias de idade, em geral, os teores de magnésio foram considerados adequados, sendo que, em algumas cultivares, eles ficaram ligeiramente abaixo. Era de se esperar, segundo Malavolta (1980), teores de magnésio mais baixos no estágio da colheita do que aos 30 d.a.t., pois a maior parte é translocado para os grãos, o que não foi observado nesse estudo.

TABELA 16. Teores de magnésio na parte aérea, aos 30 dias após transplântio, de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)
	Mg
O ¹	1,6b
GH ¹	1,2c
GP ¹	1,2c
GP ²	1,5b
GH ²	1,9a
CULTIVARES	Mg
Capivari	1,4c
Sapucaí	1,4c
Urucuia	1,7a
Inca	1,4bc
MG 1	1,6ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

TABELA 17. Teores de magnésio na parte aérea, por ocasião da colheita, de cinco cultivares de arroz em solos de várzea em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

Teor g kg ⁻¹	Cultivares	Solos				
		O ¹	GH ¹	GP ¹	GP ²	GH ²
Mg	Capivari	3,1a A	1,5a B	1,0a C	1,6a B	1,65ab B
	Sapucaí	2,9a A	1,5a C	1,1a B	1,4a C	1,85a B
	Urucuia	2,3b A	0,8c C	0,9a C	1,0b C	1,57ab B
	Inca	3,1a A	1,1b C	1,1a C	1,6a B	1,75ab B
	MG 1	2,3b A	0,9bc C	0,9a C	1,1b C	1,47b B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

A Tabela 18 (safra 94/95) e a Tabela 19 (safra 95/96) mostram os teores de enxofre na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzeas inundados, em Cambuquira e Lambari.

Os menores teores de enxofre aos 30 d.a.t. foram observados nas plantas cultivadas nos solos GH de Cambuquira, safra 94/95 (Tabela 18), e GP de Lambari, safra 95/96 (Tabela 19); nos outros solos esses teores foram maiores e estatisticamente iguais. Na colheita, o solo GH de Lambari, safra 94/95 (Tabela 18), e GH de Cambuquira, safra 95/96 (Tabela 19), foram os solos em que os teores na parte aérea das cultivares se mostraram menores. As cultivares não apresentaram diferenças quanto aos teores de S na parte aérea, independentemente da época de análise e da safra.

As plantas cultivadas nos solos GH de Cambuquira, aos 30 d.a.t., safra 94/95 (Tabela 18), se mostraram com teores de enxofre dentro do intervalo considerado adequado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 1,5-2 g kg⁻¹, na época do perfilhamento, sendo que na colheita apenas as plantas cultivadas no solo GH de Lambari apresentaram teores foliares dentro desse intervalo (Tabela

18). Na colheita, safra 95/96, esses teores se encontraram bem abaixo dos considerados adequados, o que pode ser devido à translocação para os grãos (Malavolta, 1980).

TABELA 18. Teores de enxofre na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	S*	S**
O ¹	2,5a	3,0ab
GH ¹	1,3b	2,8b
GP ¹	2,6a	3,2a
GP ²	3,0a	2,1c
GH ²	2,7a	1,6d
CULTIVARES	S*	S**
Capivari	2,5a	2,6a
Sapucaí	2,4a	2,6a
Urucuia	2,1a	2,6a
Inca	2,4a	2,6a
MG 1	2,6a	2,4a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Outro fato que pode ter ocorrido, segundo Guedes (1983), é que em sistemas inundados o sulfato ferroso, produzido da combinação do H₂S com o Fe²⁺, pode diminuir a quantidade de enxofre disponível para as plantas. Este efeito do H₂S com o Fe²⁺ também pode ser observado com o cobre, formando o composto CuS de baixa solubilidade. Já para Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), 2-6 g kg⁻¹, os teores foram considerados adequados, com alguns ligeiramente abaixo da faixa considerada adequada na safra 94/95. Na safra 95/96, aos 30 d.a.t., estes se encontraram um pouco acima dessa faixa, e na colheita, bem abaixo, provavelmente pelos fatos já mencionados.

TABELA 19. Teores de enxofre na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	S*	S**
O ¹	3,4a	0,6ab
GH ¹	3,4a	0,5b
GP ¹	3,7a	0,7a
GP ²	2,5b	0,7a
GH ²	3,5a	0,6ab
CULTIVARES	S*	S**
Capivari	3,4a	0,6a
Sapucaí	3,3a	0,6a
Urucuia	3,8a	0,6a
Inca	3,2a	0,6a
MG 1	3,5a	0,6a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

De maneira geral, foram observados níveis de nutrientes abaixo dos adequados na matéria seca da parte aérea, aos 30 d.a.t., principalmente de potássio, magnésio, fósforo e enxofre (exceto no solo GH de Cambuquira), o que pode explicar em parte o fato de não se ter atingido em nenhum dos solos o potencial máximo de produção de grãos das cultivares em estudo.

4.2 Teores de micronutrientes

O resumo da análise de variância dos teores de micronutrientes aos 30 dias após o transplântio (d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em diferentes solos de várzea, em Cambuquira e Lambari, pode ser observado nas Tabelas 3A e 4A. Observa-se que, com exceção dos teores de manganês aos 30 d.a.t., safra 95/96, não foi verificada interação significativa entre os fatores em estudo (solo e cultivares). Entretanto, os fatores isoladamente influenciaram significativamente os teores da maioria dos micronutrientes na parte aérea das plantas de arroz.

Os teores de boro na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzea de Cambuquira e Lambari são mostrados nas Tabelas 20 (safra 94/95) e 21 (safra 95/96).

TABELA 20. Teores de boro na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR (g kg ⁻¹)	
	B*	B**
O ¹	4,65c	4,60b
GH ¹	4,25c	3,90b
GP ¹	4,70c	4,50b
GP ²	6,90b	4,75b
GH ²	12,20a	7,70a
CULTIVARES	B*	B**
Capivari	6,10a	4,75a
Sapucai	6,35a	5,00a
Urucuia	7,35a	5,05a
Inca	6,40a	5,20a
MG 1	6,50a	5,45a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Os maiores teores de boro na parte aérea das plantas de arroz, tanto aos 30 d.a.t. quanto na colheita, safra 94/95, foram observados no solo GH de Lambari (Tabela 20) e no solo O de Cambuquira, safra 95/96 (Tabela 21).

TABELA 21. Teores de boro na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR ($\frac{mg}{g\ kg^{-1}}$)	
	B*	B**
O ¹	7,50a	11,81a
GH ¹	4,40c	5,75bc
GP ¹	2,95d	3,84c
GP ²	4,30c	5,12bc
GH ²	5,40b	7,37b
CULTIVARES	B*	B**
Capivari	4,60a	7,01a
Sapucai	5,00a	7,16a
Urucuia	5,35a	7,08a
Inca	4,85a	6,70a
MG 1	4,75a	5,93a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

No caso do solo O, esses maiores teores de boro se devem, provavelmente, ao alto teor de matéria orgânica encontrada nesse solo, a qual, através da mineralização, liberou-o para a solução do solo, refletindo em seus teores na parte aérea das cultivares. Nas duas safras não houve diferença significativa entre as cultivares com relação ao teor desse nutriente. Os teores de boro ficaram bem abaixo da faixa considerada adequada na parte aérea, independente da época de análise por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 40-70

mg kg⁻¹ e Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), 20-100 mg kg⁻¹; abaixo também do nível crítico proposto por Paula (1995), que é variável em função do tipo de solo. Esses baixos teores podem ser função dos altos teores de Ca encontrados nas plantas deste estudo, causando um desbalanço nutricional, já que a absorção de boro é influenciada pela concentração de cálcio em solução (Malavolta, 1980).

Paula, Carvalho e Galvão (1994) relatam que em trabalhos conduzidos em solos de várzeas no Sul de Minas, os teores foliares de boro na cultura do arroz inundado foram considerados deficientes, provocando uma queda no rendimento da cultura. Os teores de boro encontrados por Bertoni et al. (1999), independente das doses de cobre por ele estudadas, ficaram abaixo dos teores adequados citados pelos autores acima.

A Tabela 22 (safra 94/95) e a Tabela 23 (safra 95/96) mostram os teores de cobre na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzeas inundados, em Cambuquira e Lambari.

Com relação ao cobre, houve variação nos teores desse nutriente na parte aérea das cultivares para os solos em questão, sendo que aos 30 d.a.t., safra 94/95, as plantas cultivadas nos solos de Lambari apresentaram maiores teores que aquelas cultivadas nos solos de Cambuquira (Tabela 12), e na colheita, o solo O de Cambuquira e GH de Lambari apresentaram os maiores teores de cobre na parte aérea (Tabela 22). Na safra 95/96, aos 30 d.a.t., os maiores teores de cobre na parte aérea das cultivares foram observados nos solos O de Cambuquira e GH de Lambari. Na colheita, o solo GH de Lambari apresentou os maiores teores de cobre na matéria seca da parte aérea das cultivares de arroz, e os menores teores foram encontrados nos solos GH e GP de Cambuquira. Os solos O de Cambuquira e GP de Lambari se mostraram intermediários, não diferindo entre si e nem dos demais (Tabela 23). Como o cobre possui grande afinidade pela matéria orgânica (Vale, Guilherme e

Guedes, 1993), ou seja, alta estabilidade quando ligado a compostos orgânicos, era de se esperar que os menores teores fossem observadas na parte aérea das plantas de arroz cultivadas no solo O, uma vez que este solo apresenta os maiores teores de matéria orgânica, o que de maneira geral não ocorreu. Em 1991, Holanda et al. (1992) observaram respostas à aplicação de cobre num solo O. Já Bertoni et al. (1999) e Assis (1997) observaram altos teores de cobre em plantas de arroz cultivadas num solo O. Segundo os autores, os elevados teores de cobre nos solos hidromórficos estudados podem ser explicados pelo fato desses solos serem altamente influenciados pelos seus rios e tributários, podendo, dessa forma, haver contaminação desse solo com produtos cúpricos.

TABELA 22. Teores de cobre na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR (mg kg ⁻¹)	
	Cu*	Cu**
O ¹	8,55b	10,45a
GH ¹	6,95b	7,55b
GP ¹	8,10b	7,25b
GP ²	11,45a	8,40b
GH ²	13,05a	10,35a
CULTIVARES	Cu*	Cu**
Capivari	9,65a	8,90ab
Sapucaí	9,85a	9,45a
Urucuia	9,40a	8,25b
Inca	9,70a	9,30a
MG 1	9,50a	8,10b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

TABELA 23. Teores de cobre na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (^{mg} g ⁻¹)	
	Cu*	Cu**
O ¹	9,00a	4,68ab
GH ¹	6,45b	2,65b
GP ¹	5,10c	2,76b
GP ²	5,05c	5,33ab
GH ²	8,50a	13,40a
CULTIVARES	Cu*	Cu**
Capivari	6,80a	5,55a
Sapucai	6,65a	8,96a
Urucuia	6,80a	3,22a
Inca	6,90a	6,73a
MG 1	6,95a	4,34a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Com relação às cultivares, somente na safra 94/95, no estágio da colheita, houve diferença significativa para essa variável, sendo que as cultivares Sapucaí e Inca apresentaram maiores teores desse nutriente na matéria seca de parte aérea que a Urucuia e a MG1 (Tabela 22). Em geral, os teores de cobre na parte aérea das plantas de arroz, nas duas safras, se mostraram baixos para uma boa produtividade, ficando a grande maioria fora da faixa considerada adequada segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 10-20 mg kg⁻¹. Entretanto, segundo Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), os teores se encontraram dentro da faixa adequada, 5-20 mg kg⁻¹, para ambas as safras e estádios de análise (Tabelas 22 e 23), com exceção da colheita, safra 95/96, em que esses teores se mostraram bastante variáveis, sendo que as plantas

cultivadas nos solos de Cambuquira se encontraram abaixo dos adequados, embora a época de análise para esses autores não tenha sido a colheita.

Bertoni et al. (1999) observaram que embora os teores foliares encontrados no final do ciclo da cultura serem inferiores aos descritos como tóxicos por Fageria et al. (1995), por ocasião do perfilhamento, mesmo assim ocorreu um efeito depressivo da aplicação de cobre sobre a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz.

A Tabela 24 (safra 94/95) e a Tabela 25 (safra 95/96) mostram os teores de ferro na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzeas inundados em Cambuquira e Lambari.

TABELA 24. Teores de ferro na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	
	Fe*	Fe**
O ¹	79,50c	1045,00c
GH ¹	137,40a	1565,05b
GP ¹	135,95a	2015,10a
GP ²	115,00b	839,65c
GH ²	85,45c	452,10d
CULTIVARES	Fe*	Fe**
Capivari	112,90a	1259,60ab
Sapucaí	104,20a	1316,70a
Urucuia	110,50a	1189,15ab
Inca	115,75a	1025,50b
MG 1	109,95a	1125,95ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplante

** colheita

Para esse elemento, safra 94/95, os maiores teores na parte aérea das cultivares, aos 30 d.a.t. foram encontrados nos solos GH e GP de Cambuquira e no GP de Cambuquira, por ocasião da colheita (Tabela 24). Na safra 95/96, aos 30 d.a.t., as cultivares apresentaram os maiores teores foliares de ferro quando se encontraram nos solos GH de Cambuquira e Lambari (Tabela 25).

TABELA 25. Teores de ferro na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (g/kg ¹)	
	Fe*	Fe**
O ¹	163,95bc	382,18a
GH ¹	244,30a	445,85a
GP ¹	201,95ab	442,84a
GP ²	137,75c	364,68a
GH ²	233,10a	166,76b
CULTIVARES	Fe*	Fe**
Capivari	204,15a	329,94ab
Sapucai	188,50a	367,56ab
Urucuia	182,30a	438,62a
Inca	194,50a	298,99b
MG 1	211,60a	367,19ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Na colheita, os menores teores de ferro na parte aérea das plantas de arroz foram observados no solo GH de Lambari independentemente do ano de cultivo. Com relação às cultivares, não foi observada diferença significativa dos teores de ferro aos 30 d.a.t. em ambas as safras, e na colheita observou-se que os menores teores de ferro foram encontrados na cultivar Inca, nas duas safras

em questão (Tabelas 24 e 25), o que pode estar associado a uma maior resistência dessa cultivar a altos níveis de ferro em solução, que geralmente ocorre em solos inundados como consequência do estabelecimento de um ambiente redutor. Bertoni et al. (1996), em estudo envolvendo as cultivares Inca, Urucuia e Capivari, verificaram que a cultivar Inca apresentou o menor acúmulo de ferro na parte aérea.

Na safra 94/95, os teores de ferro aos 30 d.a.t. se encontraram abaixo dos descritos como adequados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 200-300 mg kg⁻¹, na época do meio do perfilhamento; já na colheita esses teores estavam bem acima, chegando a níveis tidos como tóxicos, embora a época de análise para esses autores não tenha sido a colheita (Tabela 24).

De acordo com Malavolta (1980), esses teores mais altos na colheita podem ser explicados pela baixa translocação de ferro para os grãos, ficando mais na parte vegetativa. Esses altos teores podem também ser decorrentes da diminuição do potencial redox ocasionado pela inundação, ocorrendo redução dos compostos de ferro e consequente aumento nas concentrações nos tecidos (Ponnamperuma, 1964). Segundo McBride (1994), as reações de oxirredução em solos inundados implicam em alterações na disponibilidade dos nutrientes de acordo com o estágio de redução. Na safra 95/96, os teores aos 30 d.a.t. variaram com teores ligeiramente acima e abaixo dos adequados. Na colheita, os teores se encontraram acima da faixa considerada adequada, porém bem abaixo dos encontrados na safra 94/95 (Tabela 25). Para Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), os teores aos 30 d.a.t. se encontraram dentro da faixa adequada, 70-300 mg kg⁻¹, nas duas safras; na colheita, porém, esses teores estão acima da faixa considerada adequada, sendo considerados como tóxicos. Esse mesmo comportamento foi observado por Bertoni et al. (1999) nesse mesmo estágio da cultura, ressaltando mais uma vez que a época de análise foi diferente das citadas pelos autores, em que comentam que esses altos teores,

como já foi dito acima, podem ser decorrentes da diminuição do potencial redox ocasionado pela inundação.

Os teores de manganês na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzea de Cambuquira e Lambari são mostrados nas Tabelas 26 (safra 94/95), 27 e 28 (safra 95/96).

TABELA 26. Teores de manganês na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR ^{mg} (g kg ⁻¹)	
	Mn*	Mn**
O ¹	198,70d	882,80a
GH ¹	281,80c	538,25c
GP ¹	436,45b	686,70b
GP ²	776,50a	743,65b
GH ²	403,35b	353,40d
CULTIVARES	Mn*	Mn**
Capivari	418,60a	624,75a
Sapucaí	414,90a	630,70a
Urucuia	443,15a	654,45a
Inca	396,55a	633,25a
MG 1	423,60a	661,65a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Com relação ao manganês, safra 94/95, os maiores teores na parte aérea das plantas de arroz aos 30 d.a.t. foram observados no solo GP de Lambari e os menores no solo O de Cambuquira. Já na colheita, os maiores teores desse nutriente na parte aérea das cultivares foram observados no solo O (Tabela 26). Na safra 95/96, aos 30 d.a.t. houve interação significativa para solos e cultivares

(Tabela 27). Pode-se observar que todas as cultivares apresentaram maiores teores de manganês no solo GP de Lambari, seguido do GP de Cambuquira. Nota-se que esses dois solos, de modo geral, apresentavam os menores teores de matéria orgânica que os demais solos, os quais apresentavam maiores teores de matéria orgânica e menores teores de manganês, na parte aérea das cultivares de arroz, concordando com Rajj (1991), segundo o qual altos teores de matéria podem resultar em complexação do manganês diminuindo sua disponibilidade para as plantas. Na colheita, safra 95/96, os maiores teores de manganês na parte aérea das cultivares em questão foram observados no solo GP de Lambari (Tabela 28). Quanto ao comportamento das cultivares em relação ao teor foliar de manganês, as mesmas diferiram estatisticamente entre si apenas no solo GP de Cambuquira, na safra 95/96, aos 30 d.a.t.. Nessa ocasião, a cultivar Urucuia apresentou os maiores teores foliares de manganês (Tabela 27).

TABELA 27. Teores de manganês na parte aérea, aos 30 dias após transplântio, de cinco cultivares de arroz em solos de várzea em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

Teor mg kg ⁻¹	Cultivares	Solos				
		O ¹		GP ¹		
Mn	Capivari	112,25a C	202,75a C	540,25bc B	907,00a A	102,50a C
	Sapucaí	106,00a D	245,75a C	467,50c B	925,50a A	97,50a D
	Urucuia	118,00a D	253,25a C	695,00a B	970,00a A	97,75a D
	Inca	84,00a D	246,50a C	587,25b B	945,00a A	97,00a D
	MG 1	122,75a D	253,00a C	600,25ab B	932,00a A	83,50a D

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

Os teores de manganês na parte aérea das cultivares de arroz no solo O de Cambuquira e GH de Lambari, aos 30 d.a.t., safra 95/96, se encontram dentro da faixa adequada proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 100-150 mg kg⁻¹ (Tabela 27).

TABELA 28. Teores de manganês na parte aérea, por ocasião da colheita, de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR (mg kg ⁻¹)
	Mn
O ¹	1496,19b
GH ¹	903,76c
GP ¹	1415,35b
GP ²	2362,31a
GH ²	248,44d
CULTIVARES	Mn
Capivari	1294,01a
Sapucaí	1333,78a
Urucuia	1238,08a
Inca	1314,28a
MG 1	1245,51a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

Fageria (1984) e Fageria et al. (1995) propõem uma faixa mais ampla para esses teores, 30-600 mg kg⁻¹. Ainda assim alguns teores se encontram fora dessa faixa adequada. Na safra 94/95, aos 30 d.a.t., somente as plantas cultivadas no solo GP de Lambari apresentaram níveis acima dos adequados, e na colheita, apenas quando cultivadas no solo GH nos dois locais, os teores se encontraram dentro dos níveis adequados (Tabela 26). De maneira geral, na

safr 95/96, aos 30 d.a.t., somente no solo GP de Lambari as plantas apresentaram esses teores acima dos adequados, mas não atingiram os níveis considerados tóxicos segundo esses autores ($>1000 \text{ mg kg}^{-1}$). Todavia, na colheita, com exceção das plantas cultivadas no solo GH de Lambari, esses teores ficaram acima dos teores considerados como tóxicos por Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), o que pode ser devido a este nutriente ser um dos primeiros a ser afetado pelo estabelecimento do ambiente redutor com a inundação dos solos; o mesmo foi observado por Bertoni et al. (1999).

Segundo Malavolta (1980), os manganês fica mais na parte vegetativa (colmo+folhas), havendo baixa translocação para os grãos, sendo encontrados dessa forma, maiores teores desse nutriente no estágio da colheita. Segundo Tanaka e Navasero (1966) e Malavolta et al. (1981), o arroz cresce e produz bem com teores de manganês nas folhas tão altos, como $2500-3000 \text{ mg kg}^{-1}$, o que contradiz Abreu e Lopes (1988), que consideram esses valores como tóxicos.

As Tabelas 29 (safr 94/95) e 30 (safr 95/96) mostram os teores de zinco na parte aérea das cultivares de arroz nos solos de várzeas inundados em Cambuquira e Lambari.

Na safr 94/95, aos 30 d.a.t. foram observados maiores teores de zinco na parte aérea das cultivares de arroz nos três solos de Cambuquira, não diferindo estaticamente entre si. Nos solos de Lambari observaram-se os menores teores. Na colheita, nessa safr, os maiores teores foram encontrados nas plantas cultivadas no solo GH de Cambuquira, e os menores naquelas cultivadas no solo O (Tabela 29).

Na safr 95/96, as plantas cultivadas no solo GH de Lambari apresentaram os maiores teores foliares de zinco aos 30 d.a.t.. Na colheita, observou-se a mesma tendência da safr 94/95, aos 30 d.a.t., ou seja, as plantas cultivadas nos solos de Cambuquira apresentaram os maiores teores de zinco na

parte aérea (Tabela 30). Quanto ao comportamento das cultivares, safra 94/95, aos 30 d.a.t., não houve diferença significativa para os teores foliares de zinco, sendo que, na colheita, os maiores teores foram observados na cultivar Sapucaí (Tabela 29). Na safra 95/96, a cultivar Urucuia apresentou os maiores teores de zinco aos 30 d.a.t., e os menores na colheita, não diferindo, nesse estágio, da cultivar MG1 (Tabela 30).

TABELA 29. Teores de zinco na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea em Lambari e Cambuquira, safra 94/95.

SOLOS	TEOR ($\frac{mg}{kg^{-1}}$)	
	Zn*	Zn**
O ¹	25,25a	81,20b
GH ¹	26,45a	100,10a
GP ¹	25,70a	89,25ab
GP ²	19,25b	90,40ab
GH ²	21,05b	91,80ab
CULTIVARES	Zn*	Zn**
Capivari	23,45a	95,30ab
Sapucaí	23,30a	97,75a
Urucuia	24,50a	82,10c
Inca	22,60a	93,45abc
MG 1	23,85a	84,15bc

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico. GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

No geral, de acordo com os teores propostos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), 25-35 mg kg⁻¹, nas duas safras, aos 30 d.a.t., os teores foram considerados adequados, com alguns ligeiramente abaixo da faixa proposta pelos autores, o mesmo ocorrendo na colheita, safra 95/96. Apenas na colheita,

safr 94/95, os teores estavam acima da faixa considerada adequada. Entretanto, esses teores estão dentro dos níveis adequados propostos por Fageria (1984) e Fageria et al. (1995), 20-150 mg kg⁻¹, tanto aos 30 d.a.t. como na colheita. Esse mesmo comportamento foi observado por Bertoni et al. (1999), embora a época de análise das plantas de arroz em seu estudo tenha sido diferente da citada pelos autores.

TABELA 30. Teores de zinco na parte aérea de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Lambari e Cambuquira, safra 95/96.

SOLOS	TEOR ^{mg} (g/kg ⁻¹)	
	Zn*	Zn**
O ¹	20,00cd	25,13a
GH ¹	19,55d	24,38a
GP ¹	22,15bc	24,45a
GP ²	24,35ab	17,56b
GH ²	25,15a	19,94b
CULTIVARES	Zn*	Zn**
Capivari	20,95b	24,17a
Sapucaí	21,45b	23,27ab
Urucuia	24,00a	20,25b
Inca	21,30b	21,82ab
MG 1	23,50ab	20,96b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

* 30 dias após o transplântio ** colheita

Dada as funções do boro na planta, principalmente a de translocação e metabolismo de carboidratos, a sua deficiência pode explicar em parte as baixas produções observadas no experimento, pois foi o micronutriente, de maneira geral, mais deficiente nesse trabalho.

A diferença entre as faixas adequadas para os macro e micronutrientes encontradas na literatura e as observadas no trabalho é devida, possivelmente, a diversos fatores tais como época de cultivo, idade da planta ou do órgão amostrado, devendo-se ressaltar, ainda, que esses teores não dependem apenas do elemento em si, mas da sua interação com outros nutrientes, do manejo, da tolerância de cada cultivar, da diversidade dos atributos químicos, físicos e mineralógicos de cada solo, das condições climáticas de cultivo, entre outros, que como já foi dito, poderão influenciar os teores foliares de nutrientes, aumentando-os ou diminuindo-os. Contudo, como o potencial máximo de produção das cultivares não foi atingido, os baixos níveis de potássio, magnésio, fósforo, enxofre e principalmente boro, explicam em parte esse fato.

4.3 Matéria seca de raízes, altura de plantas e produção de grãos

A análise de variância para matéria seca de raízes, altura de plantas e produção de grãos das plantas de arroz cultivadas em diferentes solos de várzea, em Cambuquira e Lambari, pode ser observada na Tabela 5A. Verifica-se que, de uma maneira geral, a produção de matéria seca de raízes nas duas safras em questão não apresentou interação significativa para solos e cultivares. O mesmo comportamento foi observado na safra 95/96 para produção de grãos.

Os valores de matéria seca de raízes, altura de plantas e produção de grãos das cultivares de arroz nos solos de várzea de Cambuquira e Lambari, safras 94/95 e 95/96, são mostrados nas Tabelas 31, 32, 33 e 34, respectivamente.

Pode-se verificar que as plantas cultivadas nos solos O e GH de Cambuquira apresentaram as maiores biomassas radiculares em relação às cultivadas nos demais solos, safra 94/95. Na safra 95/96, as plantas não

diferiram estatisticamente quanto a essa variável, independentemente do solo em que foram cultivadas. Com relação às cultivares, não houve diferença significativa nas duas safras em questão quanto à produção de raízes (Tabela 31).

Na safra 94/95, as variáveis altura de plantas e produção de grãos apresentaram interação significativa entre solos e cultivares; já em 95/96, isso se repetiu para altura de plantas.

TABELA 31. Matéria seca de raiz (MSR) de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Cambuquira e Lambari, safras 94/95 e 95/96.

SOLOS	MSR (g)	
	94/95	95/96
O ¹	26,13a	5,24a
GH ¹	22,71a	5,05a
GP ¹	12,02bc	4,76a
GP ²	13,39b	4,40a
GH ²	9,01c	2,34a
CULTIVARES		
Capivari	17,22a	4,24a
Sapucaí	17,02a	4,52a
Urucuia	16,49a	4,44a
Inca	17,41a	3,99a
MG 1	15,11a	4,57a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

Os maiores valores para altura de plantas, safra 94/95, foram observados em todas as plantas de arroz cultivadas no solo GP de Lambari, sendo que a cultivar Urucuia apresentou esse mesmo comportamento no solo GH de Cambuquira e a MG1 no solo GP de Cambuquira. No solo O e GP de

Cambuquira e GP de Lambari, as cultivares Urucuia e MG1 apresentaram-se com maiores valores de altura de plantas. No solo GH de Cambuquira, a cultivar Urucuia apresentou maior altura de plantas, diferindo estatisticamente das demais, e no solo GH de Lambari não houve diferença significativa entre as cultivares (Tabela 32).

TABELA 32. Altura de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Cambuquira e Lambari, safras 94/95 e 95/96.

Cultivares	94/95							
	Solos							
	O ¹	GH ¹		GP ¹		GP ²	GH ²	
Capivari	82,75b C	84,75c	BC	94,25ab	AB	99,00b	A	83,25a C
Sapucaí	79,00b B	88,75c	AB	88,25b	AB	96,75b	A	83,75a B
Urucuia	94,75a BC	105,50a	A	103,75a	AB	111,50a	A	85,00a C
Inca	81,50b BC	91,00bc	AB	91,75b	AB	95,25b	A	79,75a C
MG 1	93,50a B	100,00ab	AB	104,25a	A	109,25a	A	78,75a C
95/96								
Capivari	74,25c BC	79,00c	AB	87,25b	A	81,25a	AB	69,25a C
Sapucaí	76,25c BC	80,50c	AB	88,25b	A	81,25a	AB	69,25a C
Urucuia	88,75ab B	99,00a	A	103,50a	A	81,25a	B	70,25a C
Inca	82,50bc AB	89,50b	A	90,00b	A	80,75a	B	69,50a C
MG 1	94,75a A	96,50ab	A	100,50a	A	80,00a	B	69,75a C

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

Na safra 95/96, os maiores valores de altura de plantas para as cultivares Capivari e Sapucaí foram observados no solo GP de Cambuquira; as cultivares Urucuia e Inca apresentaram esse mesmo comportamento nos solos GH e GP de Cambuquira, não havendo diferença estatística entre eles, e para a cultivar MG1, os solos de Cambuquira proporcionaram maior altura de plantas, não havendo diferença significativa entre eles. Quanto às diferenças entre cultivares,

para os solos de Cambuquira foi observado comportamento semelhante aos obtidos na safra 94/95 para altura de plantas. Nos solos de Lambari, não houve diferença significativa entre as cultivares para essa variável (Tabela 32).

Para produção de grãos, safra 94/95, as cultivares Capivari, Sapucaí, Urucuia e Inca apresentaram maiores produções quando se encontravam no solo GP de Cambuquira, e para a cultivar MG1, as produções nos solos GP e GH de Cambuquira não diferiram entre si estatisticamente, mostrando-se superiores às demais. Nos solos O, GH e GP de Cambuquira e GP de Lambari, as cultivares Urucuia e MG1 foram as mais produtivas. No solo GH de Lambari não houve diferença estatística entre as cultivares (Tabela 33).

TABELA 33. Produção de grãos de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Cambuquira e Lambari, safra 94/95.

Cultivares	Solos				
	O ¹	GH ¹	GP ¹	GP ²	GH ²
Capivari	3864,50b BC	4609,25b B	6135,25b A	1374,50b D	3270,25a C
Sapucaí	3437,50b C	4656,00b B	6953,00ab A	1883,25b B	3358,75a C
Urucuia	6078,00a B	6791,50a AB	7098,75a A	4442,50a C	3364,00a D
Inca	3270,75b B	3552,00b B	6463,50ab A	1119,25b C	3478,50a B
MG 1	5411,50a B	6916,50a A	7150,75a A	3960,25a C	3129,50a C

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico

Na safra 95/96, as maiores produções obtidas pelas plantas de arroz foram observadas quando foram cultivadas nos solos GH e GP de Cambuquira e GP de Lambari, não diferindo estatisticamente entre si. No solo GH de Lambari, foram observados os menores valores de produção de grãos, provavelmente devido a incidência de bruzone nesse solo. Cornélio et al. (1997) observaram

uma correlação negativa e significativa entre bruzone e produção de grãos. A cultivar Urucuia, independente do solo utilizado, foi a que se mostrou mais produtiva (Tabela 34).

Nas Figuras 1, 2 e 3 são expressos os dados de produção de grãos em função dos solos e das cultivares utilizadas, safras 94/95 e 95/96.

TABELA 34. Produção de grãos de cinco cultivares de arroz em solos de várzea, em Cambuquira e Lambari, safra 95/96.

SOLOS	PRODUÇÃO
	kg ha ⁻¹
O ¹	5780,20b
GH ¹	8240,00a
GP ¹	7904,55a
GP ²	5061,45a
GH ²	1363,90c
CULTIVARES	
Capivari	5329,30ab
Sapucaí	5110,35b
Urucuia	6148,45a
Inca	5883,05ab
MG 1	5878,95ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1-Cambuquira

2-Lambari

O-Orgânico, GH- Glei Húmico, GP- Glei Pouco Húmico

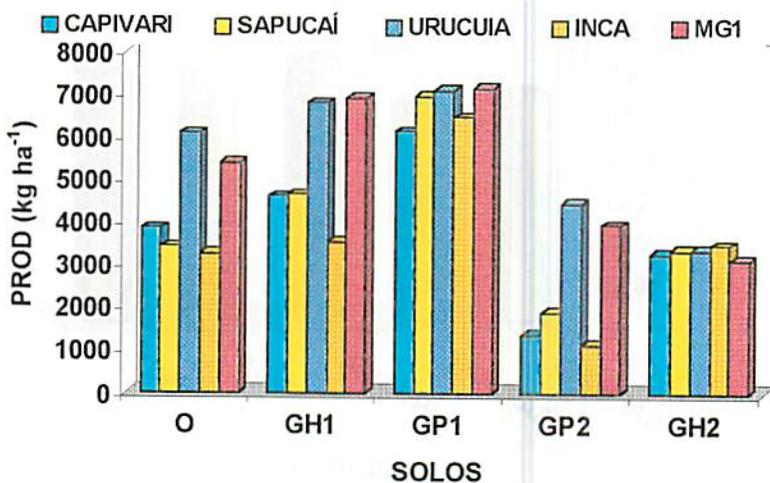


FIGURA 1. Produção de grãos de arroz em função dos solos de várzea e das cultivares utilizadas em Cambuquira e Lambari, safra 94/95 (1- Cambuquira; 2- Lambari - O- Orgânico, GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico).

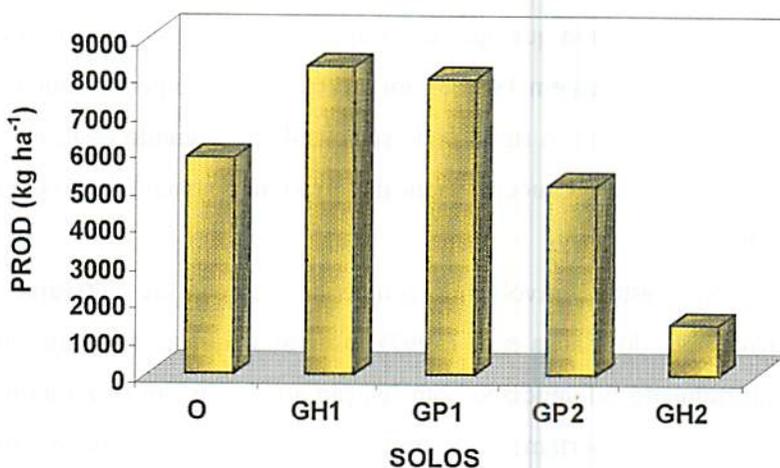


FIGURA 2. Produção de grãos de arroz em função dos solos de várzea utilizados em Cambuquira e Lambari, safra 95/96 (1- Cambuquira; 2- Lambari - O- Orgânico, GH- Gleí Húmico, GP- Gleí Pouco Húmico).

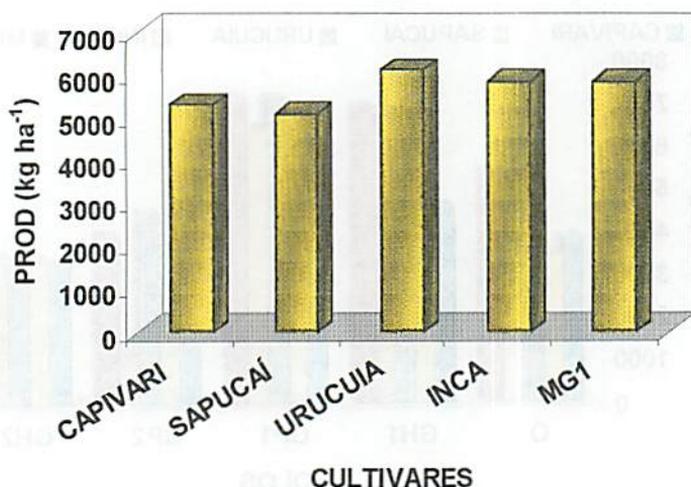


FIGURA 3. Produção de grãos de arroz em função das cultivares utilizadas em Cambuquira e Lambari, safra 95/96.

No estudo de Soares et al. (1995) envolvendo essas mesmas cultivares, observou-se que todas as cultivares superaram a MG1 e a MG2, na média dos 5 anos agrícolas, sendo que apenas a Capivari foi superior à Inca. O excepcional desempenho da Inca em 1988/89 foi a causa de sua superioridade em relação à Urucuia e a Sapucaí. A rigor, pode-se considerar, segundo esses autores, que as cultivares Capivari, Urucuia, Sapucaí e Inca têm potencial de produção de grãos semelhantes.

Num estudo envolvendo competição regional de cultivares e linhagens de arroz irrigado, Bacha et al. (1997) observaram que as cultivares apresentaram comportamento diferenciado com relação aos locais em que foram cultivadas. Esse mesmo comportamento foi observado num estudo realizado por Kempf et al. (1997), nas safras 95/96 e 96/97, em que se avaliou o potencial produtivo e as características agrônômicas de genótipos introduzidos no Rio Grande do Sul, observando comportamento diferente dos genótipos nas regiões em estudo. Vários trabalhos envolvendo esses aspectos e com resultados semelhantes com

relação a essas diferenças foram estudados por Schiocchet et al. (1991), Bacha et al. (1986), Soares e Morais (1986), sendo que esses autores relatam, de maneira geral, que essas diferenças em produtividade são atribuídas principalmente às diversificações de solo, clima e manejo.

No geral, as produções foram variadas em cada solo estudado, bem como as cultivares, procederam diferentemente dentro das respectivas classes de solos e locais. Isto evidencia a importância de se fazer estudos relacionados ao comportamento de cultivares em diferentes solos e locais, para garantir uma melhor produtividade em toda a área. Contudo, experimentos de campo são suscetíveis às variações de clima, ficando melhor embasados quando repetidos, por vários anos.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

Tanto os solos quanto às cultivares influenciaram de maneira distinta os teores de nutrientes na parte aérea, bem como a altura de plantas, matéria seca de raiz e produção de grãos das cultivares.

De maneira geral, as diferenças entre cultivares quanto aos teores de macronutrientes na parte aérea das plantas de arroz foi minimizada no final do ciclo da cultura em relação àquelas aos 30 d.a.t.. Para os teores de micronutrientes não foi verificado nenhuma tendência desse tipo.

Os dados de produção de grãos das cultivares nos diferentes solos estudados foram abaixo dos potenciais máximos, o que é atribuído, ao menos em parte, aos baixos teores de potássio, magnésio, fósforo, enxofre e boro na parte aérea das plantas aos 30 d.a.t..

Para os solos estudados, à exceção do GH de Lambari, deve-se utilizar preferencialmente as cultivares Urucuia e MG1.

Todas as cultivares testadas mostraram boa adaptação às diferentes classes de solos de várzea.

As plantas cultivadas no solo GP de Cambuquira apresentaram, de modo geral, as maiores produções de grãos, sendo que, na safra 95/96, os solos GH de Cambuquira e GP de Lambari também apresentaram esse comportamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.A. de ; LOPES, A.S. Alterações físico-químicos e químicos dos solos inundados. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.14-21, 1988.
- ALMEIDA, J.R. de; BARUQUI, F.M.; BARUQUI, A.M. e MOTTA, P.E.F. Principais solos de várzea do Estado de Minas Gerais e suas potencialidades agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.9, n.105, p.70-78, abr. 1983.
- AMER, F.; SALEH, M. E.; MOSTAFA, H. E. Phosphate behavior in submerged calcareous soils. *Soil Science*, Baltimore, v. 151, n.4, p. 306-311, mar. 1991.
- ASSIS, M. P. de Limitações nutricionais para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) em solos orgânicos sob inundação. Lavras: UFLA, 1997. 49p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- BACHA, R.E.; ISHIY, T.; KNOBLAUCH, R.; ALFONSO-MOREL, D. Competição regional de cultivares e linhagens de arroz irrigado em Santa Catarina, 1996/97. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, SC. *Anais...* Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 33-36.
- BACHA, R.E.; SANTOS Jr., O.C.; ISCHIY, T.; MARQUES, L.F. Competição regional de cultivares e linhagens de arroz irrigado em Santa Catarina, 1985/86 In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 15, 1986, Porto Alegre, RS. *Anais...Porto Alegre: IRGA*, 1986. p.71-78.
- BARBOSA FILHO, M P. Nutrição e Adubação do arroz: Sequeiro e irrigado. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim técnico,9).
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N.K. Ocorrência, diagnose e correção da deficiência de zinco na cultura de arroz de sequeiro. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1980. 18p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 4)

- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.** Manejo d'água e calagem em relação à produtividade e toxicidade de ferro em arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.8, p.903-910, ago. 1983.
- BERTONI, J.C.** Efeito do cobre na nutrição e crescimento do arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em solos de várzea sob inundação. Lavras: UFLA, 1997. 57p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- BERTONI, J. C.; HOLANDA, F. S. R.; CARVALHO, J. G. de; PAULA, M. B. de; ASSIS, M. P. de** Efeito do cobre na nutrição do arroz irrigado por inundação- Teores e acúmulo de nutrientes. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.23, n. 3, p.547-559, jul./set. 1999.
- BERTONI, J.C.; ROSCOE, R.; PAULA, M.B. de; CARVALHO, J.G. de; CAMARGO, R.** Respostas de cultivares de arroz (*Oryza sativa*) irrigado a diferentes doses de fósforo. IV. Acúmulo de boro, cobre e ferro. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 22, 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: SBSCS, 1996. p.674-675.
- BEYROUTY, C. A.; GRIG, B. C.; NORMAN, R. J.; WELLS, B. R.** Nutrient uptake by rice in response to water management. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.17, n.1, p.39-55, jan. 1994.
- BORA, P.K. e GOSWAMI, N.N.** Effect of phosphorus fertilization and soil moisture regimes on phosphorus content of rice crop. *International Rice Research Newsletter*, Manila, v.8, n. 1, p. 19-20, Feb. 1983.
- BRASIL.** Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: DENDV/CLAV, 1992. 365p.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S.** **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas.** Campinas: IAC, 1986. 94p.
- CHABARIBERY, D.** Mercado de Produtos Agrícolas: Arroz. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 29, n.9, set. 1999. p. 66-72.
- CHAUDRY, F.M.; ALAM, S.M.** Mechanism of differential susceptibility of two varieties zinc deficiency. *Plant and Soil*, The Hague, v. 46, n. 3, p. 637-642, Apr. 1977.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas-Gerais, 4ª. aproximação. Lavras, 1989. 176p.**
- CORNÉLIO, V.M. de O.; VIEIRA, T.G.C.; SANTOS, A.A.; SOARES, A.A.** Incidência de doenças fúngicas na cultura do arroz em diferentes classes de solos de várzea. In: **REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, SC. Anais... Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 298-300.**
- CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F.** **Vocabulário de Ciência do Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.**
- CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P.** Solos de várzea de Minas Gerais. **Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.13, n.152, p.3-13, 1988.**
- DE DATTA, S.K.** **Principles and practices of rice production. New York: Wiley, 1981. 618p.**
- DREW, M.C.** Effects of flooding and oxygen deficiency on plant mineral nutrition. **Advances in Plant Nutrition, London, v.3, p.115-159, 1988.**
- EMATER** mostra queda na safra de grãos de verão. **Folha da Mata. Viçosa, MG. 13. mar. 1999. p.4.**
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do triângulo mineiro. Rio de Janeiro, 1982. 526p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 1).**
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** **Súmula. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea, 1).**
- FAGERIA, N.K.** **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1984. 341p.**
- FAGERIA, N.K.** Ionic interactions in rice plants from dilut solutions. **Plant and Soil, The Hague, v.70, n. 3, p. 309-316, Feb. 1983.**

- FAGERIA, N.K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Variabilidade genética das plantas em relação à nutrição mineral. Goiânia: EMBRAPA, CNPF, cap.9, p. 197-252, 1989.**
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. e CARVALHO, J.R.P. de Influência de ferro no crescimento e na absorção de P, K, Ca e Mg pela planta de arroz em solução nutritiva. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.16, n.4, p. 483-488, jul./ago. 1981.**
- FAGERIA, N.K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A.S.; BARBOSA FILHO, M.P.; FILIPPI, M.C. Seja doutor do seu arroz. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 20p. (Arquivo do Agrônomo, 9)**
- FAGERIA, N.K.; RABELO, N.A. Tolerance of rice cultivars to iron toxicity. Journal of Plant Nutrition, New York, v.10, n.6, p. 653-661, June 1987.**
- FORNASIERI FILHO, D. Efeitos do N, P, K, S e Zn no desenvolvimento, produção e composição mineral do arroz (*Oryza sativa* L.), cv. IAC 47 e IAC 435. Piracicaba: ESALQ, 1982. 155p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)**
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. Manual da cultura do arroz. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.**
- FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F. de; SOARES, P.C.; COSTA, P.C.; FARIA, E.A. Calagem e adubação orgânica e manejo da água no controle da toxidez de ferro em arroz irrigado. Revista Ceres, Viçosa, v. 33, n.180, p. 162-169, 1985.**
- GENON, J.N.; HEPCEE, N de; DUFFY, J.E.; DELVAUX, B; HENNEBERT, P.A. Iron toxicity and other chemical soil constraints to rice in highland swamps of Burundi. Plant and Soil, The Hague, v.166, p.109-115, 1994.**
- GIUDICE, R.M. del Absorção cumulativa de nutrientes minerais em dois cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivados em três níveis de disponibilidade d'água. Piracicaba: ESALQ, 1982. 143p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)**
- GONZALES, J. Os macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. Arroz, Bogotá, v.33, n.329, p. 34-44, mar./abr. 1984.**

- GRAHAM, R. D. Genotypic Differences in Tolerance to Manganese by Plants Roots. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R.J.; UREN, N.C., (eds). *Manganese in soils and plant*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 261-276.
- GUEDES, G.A. de A. Eletroquímica e química de solos de várzea sob condições de inundações. Lavras, ESAL/DCS, 1983. 24p.
- GUILHERME, L.R.G. Calagem e inundação em solos de várzea cultivadas com arroz: alterações em pH, nitrogênio, fósforo e enxofre. Lavras ESAL, 1990. 113p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- HAQUE, I.; ADUAYI, E.A.; SIBANDA, S. Copper in soils, plants, and ruminant animal nutrition with special reference to sub-Saharan Africa. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.16, n.11, p.2149-2212, Nov. 1993.
- HOLANDA, F, S, R. Efeito do fósforo na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) sob diferentes níveis de água em solos de várzea de Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1992. 116p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- HOLANDA, F.S.R.; CARVALHO, J.G. de; PAULA, M.B.; SANTOS, J.N. dos. Efeito de doses de cobre em arroz sob dois níveis de água em solos de várzea de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, 1992, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, 1992. p. 26-31.
- HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plant roots. *Plant and Soil*, The Hague, v.193, n. 1/2, p.49-58, June 1997.
- HUANG, B.; JOHNSON, W. J.; NESMITH, D.S.; BRIDGES, D. C. Nutrient accumulation and distribution of wheat genotypes in response to waterlogging and nutrient supply. *Plant and Soil*, The Hague, v.173, n. 1, p. 47-54, June (1) 1995.
- ISHIZUKA, Y. Physiology of the rice plant. *Advance in Agronomy*, New York, v. 23, p.241-315, 1971.
- JONES Jr, B.J.; BENJAMIM, W; MILLS, H.A. *Plant analysis handbook*. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 213 p.

- KEMPF, D.; ROSSO, A.F. de, CARMONA, P.S.; FAGUNDES, C.A.A.; BAUER, C.A.; GIORGI, I.U.; BARROS, J. de A.I. de Avaliação de genótipos introduzidos no Rio Grande do Sul, safras 1995/1996 e 1996/1997 In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, SC. Anais... Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 49-51.**
- KUMAR, S.; OMANWAR, P.K.; SACHAN, R.S.; SHARMA, R.B. Changes in some physicochemical properties and activities of iron and zinc on sumergence of some rice soils. Journal Indian Society of Soil Science, v.29, n.2, p.204-207, 1981.**
- LIDON, F.C.; HENRIQUES, F.S. Limiting step on photosynthesis of rice plants treated with varying copper levels. Journal of Plant Physiology, Stuttgart, v.138, p.115-118, 1991.**
- LOPES, A.S. Guia das melhores técnicas agrícolas. São Paulo: ANDA, 1996. 28p.**
- LOPES, A.S.; ABREU, C.A. Manejo de corretivos e fertilizantes sob condições de inundação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n. 152, p.22-32, 1988.**
- MACHADO, M. O.; GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A. Efeitos de fósforo e de calcário dolomítico na produção do arroz irrigado, em três cultivos sucessivos. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 12., 1983, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: IRGA, 1983. p. 129-131.**
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.**
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro. 2. ed. Piracicaba: ULTRAFÉRTIL, 1979. 40p.**
- MALAVOLTA, E.; FORNASIERI FILHO, D. Nutrição mineral da cultura do arroz. In: FERREIRA, M.E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E., Cultura do arroz de sequeiro – fatores afetando a produtividade. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fósforo, 1983. p.95-140.**
- MALAVOLTA, E.; GOMES, I.A.; CRUZ, A.P. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XIII. Efeito das deficiências de micronutrientes nas variedades IAC-25 e IAC-47. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 38, p. 669-685, 1981.**

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de: Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 210p.**
- MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S. A.: Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.**
- MARIANO, E.D. Resposta, níveis críticos e eficiência de extratores para boro em feijoeiro cultivados em solos de várzea Lavras: UFLA, 1998. 82p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)**
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.**
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition os higher plants. 2.ed. London: Academic Press, 1997. 889p.**
- McBRIDE, M.B. Enviromental chemistry of soils. New York: Oxford University Press, 1994. 406p.**
- MESQUITA, H.A.; PAULA, M.B.; BARBOSA, M.H.P.; NOGUEIRA, F.D. Avaliação de linhagens de arroz, tolerantes à toxidez de ferro. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, SC. Anais... Itajai: EPAGRI, 1997. p. 221-224.**
- MINAS GERAIS. Secretaria do Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1995. 57p. (Cenário Futuro para a cadeia produtiva de Arroz em Minas Gerais, v.3)**
- MOCQUOT, B.; VANGRONSVELD, J.; CLIJSTERS, H.; MENCH, M. Cooper toxicity in young maize (*Zea mays* L.) plants: effects on growth, mineral and chlorophyll contents, and enyme activities. *Plant and Soil*, The Hague, v.182, n.2, p.287-300, May 1996.**
- MOORE Jr., P.A.; ATTANANDANA, T.; PATRICK Jr., W.H. Factors affecting rice growth on acid sulfate soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.54, n. 6, p.1651-1656, Nov./Dec. 1990.**

- MORAES, J.F.V.** Efeito da inundação no solo. II. Influência sobre a absorção de nutrientes e o crescimento do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.8, n.7, p.103-108, 1973.
- MORAIS, O.P.; SOARES, P. C.** Inca, nova cultivar de arroz irrigado para Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG/ESAL/UFMG/UFV, 1982. 4p. (Pesquisando, 46)
- MOTTA, A.C.V.** Avaliação da disponibilidade de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1988. 95p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- NIKOLAEVA, S. A.; TSVETNOVA, O. B.; SHCHEGLOV, A. I.** Phosphate regime features of rice field soils in lower kubon river delta. *Soil chemistry, Pochvovedenie*, v.41, n.4, p. 7-13, 1986.
- OLIVEIRA, C de; VELLOSO, A.C.X.; LEAL, J.R.** Processo redox em Glei Húmico do estado do Rio de Janeiro: variações eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.17-22, jan./abr. 1993.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.; CAMARGO, M.N.** Classes de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- PAULA, M. B. de.** Eficiência de extratores e níveis críticos de boro disponível em amostras de solos aluviais e hidromórficos sob a cultura do arroz inundado. Lavras: UFLA, 1995. 69p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia)
- PAULA, M.B. de; CARVALHO, J.G.; GALRÃO, E.Z.** Efeitos da calagem de enxofre e micronutrientes no rendimento de grãos de arroz em solos de várzeas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO ARROZ, 5., 1994, Goiânia. Resumos... Goiânia: EMBRAPA, 1994. 131p.
- PAULA, M. B. de; CARVALHO, J.G. de; NOGUEIRA, F.D.; MESQUITA, H.A.** Curva de resposta e avaliação de extratores para zinco disponível em solos hidromórficos e aluviais sob arroz inundado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.1, p.49-55. jan./abr. 1991.

- PAULA, M. B. de; CARVALHO, J.G. de; SOARES, A. A.; NOGUEIRA, F. D.
Avaliação da fertilidade de um solo de várzea (Glei Húmico) para a cultura do arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.4, p.571-577, abr. 1990.
- PERDOMO, M.A.; GONZALES, J.; GALVIS, Y.C.; GARCIA, E., ARREGOCÉS, O. Os macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Arroz: Investigación y producción*. Cali, 1985. p.103-132.
- PEZESHKI, S.R. Plant response to flooding. In: WILKINSON, R. E.; DEKKER, M. *Plant-environment interactions*. New York: M. Dekker, 1994. p.289-321.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, New York, v.24, p. 29-98, 1972.
- PONNAMPERUMA, F.N. Review of the symposium on the mineral nutrition of the rice plant. In: SYMPOSIUM ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT, 4, 1964, Los Baños. *Proceedings...* Los Baños: IRRI, 1964. p.461-482.
- PONNAMPERUMA, F. N.; CASTRO, R. V.; LOY, T. A. GUEVARA, E. R.; CANLAS, Z. M.; VALENCIA, C. M.; REALUYO, M. R.; RIEGO, D. C.; SAMANIEGO, S. G. Soil chemistry. *REP. Int. Rice Res. Inst., Inst.*, p.113-130. 1968.
- RAIJ, B van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.
- RAVEN, J. A. Short and long-distance transport of boric acid in plants. *New Phytologist*, Cambridge, v.84, n.2, p.231-249, Feb. 1980.
- REIS, M. S.; SOARES, A. A. Resposta de cultivares de arroz irrigado por inundação à adubação nitrogenada. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, SC. *Anais...* Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 225-227.
- RESENDE, M. *Pedologia*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1982. 100p.

- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. Pedologia: Base para distinção de ambientes, 2. ed. Viçosa: NEPUT, 1997. 367p.**
- RURALMINAS. Coordenadoria de irrigação e drenagem. Programa de aproveitamento de várzeas do Estado de Minas Gerais – PROVÁRZEAS-MG. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.6, n.65, p.8-13, maio 1980.**
- SCHIOCCHET, M.A.; NOLDIN, J.A.; BACHA, R.E.; YOKOYAMA, S.; ALFONSO-MOREL, D. Competição regional de cultivares e linhagens de arroz irrigado em Santa Catarina, 1989/91. In: REUNIÃO DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camboriú, SC. Anais...Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 86-89.**
- SINGH, M.; SINGH, S.P. Zinc and phosphorus interation in submerged paddy. Soil Science, Maryland, v.129, n.5, p. 282-289, 1980.**
- SOARES, A.A.; REIS, M. de S; CORNÉLIO, V.M. de O.; SOARES, P. C. Urucuaia, Sapucaí e Capivari: Novos cultivares de arroz irrigado para o estado de Minas Gerais; Revista Ceres, Lavras, v.42, n.240, p. 225-232, mar./abr. 1995.**
- SOARES, P.C.; MORAIS, O.P. de Competição regional de cultivares de arroz irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 2., 1980, Goiânia, GO. Resumos... Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 163-166.**
- TANAKA, A.; NAVASERO, S.A. Manganese content of the rice plant under water culture conditions. Soil Science and Plant Nutritions, Tokyo, v.12, p. 67- 72, 1966.**
- TANAKA, A.; YOSHIDA., S. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. Los Baño: IRRI, 1970. 50p. (Bulletin)**
- TOPA, M. A.; McLEOD, K. W. Responses of Pinus serotina and Pinus taeda seedlings to anaerobic solution culture. II. Change in tissue nutrient concentration and net acquisition. Physiology Plantarum, Copenhagen, v.68, p. 532-539, 1986.**
- UEXKULL, H.R. Aspects of fertilizer use in modern high yield rice culture. Berne, International Potash Institute, 1976. 74p. (Bulletin, 3)**

- VALE, F.R. do; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A. de A. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 171p.**
- VARADE, S. B.; LETEY, J.; STOLZY, L. H. Crop adaptation to high soil-water conditions. California Agriculture, 1970. 15p.**
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)**
- VIEIRA, L.S. ; VIEIRA, M.N.F. Manual de morfologia e classificação de solos. São Paulo: Agronômica Ceres, 1983. 313p.**
- VOSE, P.B. Iron nutrition in plants: a world overview. Journal of Plant Nutrition, New York, v.5, n.4/7, p.233-249, 1982.**
- YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. Los Banos: International Rice Research Institute, 1981. 269p.**

ANEXO

	Página
TABELA 1A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de macronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1994/1995).....	85
TABELA 2A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de macronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1995/1996).....	86
TABELA 3A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de micronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1994/1995).....	87
TABELA 4A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de micronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1995/1996).....	88
TABELA 5A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) da produção de matéria seca de raízes (MSR), altura de plantas e produção de grãos das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safras 1994/1995 e 1995/1996).....	89

TABELA 1A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de macronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1994/1995).

Safrá 1994/1995							
Quadrado médio (30 d.a.t.)							
Causas de variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	4	0,39013**	0,00109*	0,06619ns	0,00109ns	0,00047*	0,00656ns
Solo	4	5,58370**	0,01958**	1,16158**	0,00443**	0,02371**	0,08155**
Cultivar x solo	16	0,09370*	0,00008ns	0,01486ns	0,00085*	0,00020ns	0,00611ns
Resíduo	72	0,04165	0,00031	0,02872	0,00045	0,00014	0,00852
C.V. (%)		8,25	8,30	8,48	10,46	7,52	38,23
Quadrado médio (colheita)							
Causas de variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	4	0,13907**	0,00389**	0,29714**	0,00329*	0,00117**	0,00214ns
Solo	4	1,39621**	0,22528**	2,40399**	0,13980**	0,0395**	0,09438**
Cultivar x solo	16	0,02558*	0,00236**	0,07232ns	0,00329**	0,00019ns	0,00210ns
Resíduo	72	0,01406	0,00076	0,06374	0,00119	0,00029	0,00348
C.V. (%)		13,71	16,43	9,90	9,29	9,93	23,05

** - significativo a 1%

* - significativo a 5%

ns - não significativo

TABELA 2A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de macronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1995/1996).

Safrá 1995/1996							
Quadrado médio (30 d.a.t.)							
Causas de variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	4	0,07745ns	0,00373**	0,25228**	0,00374ns	0,00287**	0,00311ns
Solo	4	0,2565**	0,55639**	1,07150**	0,00286ns	0,01871**	0,04212**
Cultivar x solo	16	0,02031ns	0,00039ns	0,03569ns	0,001372ns	0,00031ns	0,00337ns
Resíduo	72	0,03819	0,00063	0,05651	0,002928	0,00048	0,00329
C.V. (%)		6,62	12,25	10,36	14,42	14,86	17,23
Quadrado médio (colheita)							
Causas de variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	4	0,04409ns	2,62051ns	0,08095ns	0,01545ns	0,01136**	0,00006ns
Solo	4	0,56603**	2,85947ns	0,21595*	0,51269**	0,09517**	0,00094*
Cultivar x solo	16	0,08556ns	2,47171ns	0,03090ns	0,01208ns	0,00118**	0,00027ns
Resíduo	72	0,11878	2,51231	0,06425	0,02321	0,00034	0,00034
C.V. (%)		27,98	566,12	22,63	15,13	11,70	31,33

** - significativo a 1%

* - significativo a 5%

ns - não significativo

TABELA 3A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de micronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1994/1995).

Safra 1994/1995						
Quadrado médio (30 d.a.t.)						
Causas de variação	G.L.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivar	4	4,535ns	0,615ns	365,935ns	5623,535ns	9,835ns
Solo	4	221,835**	128,49**	14899,68**	978554,8**	203,31**
Cultivar x solo	16	4,17875ns	6,13375ns	348,06ns	4165,891ns	11,61ns
Resíduo	72	3,45527	10,54111	601,2264	6726,646	11,83083
C.V. (%)		28,42	33,75	22,16	19,56	14,61
Quadrado médio (colheita)						
Causas de variação	G.L.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivar	4	1,335ns	7,375*	259206,5ns	5187,660ns	975,875**
Solo	4	44,66**	46,25**	7547500**	821820,4**	909,5**
Cultivar x solo	16	0,9662ns	0,8125ns	183931,6ns	7972,055ns	183,6563ns
Resíduo	72	1,96555	2,35361	140967,8	15089,89	201,2855
C.V. (%)		27,54	17,43	31,72	19,17	15,67

** - significativo a 1%

* - significativo a 5%

ns - não significativo

TABELA 4A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos teores de micronutrientes aos 30 dias após o transplântio (30 d.a.t.) e na colheita das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1995/1996).

Safrá 1995/1996						
Quadrado médio (30 d.a.t.)						
Causas de variação	G.L.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivar	4	1,635ns	0,265ns	2778,76ns	10838,78**	39,285**
Solo	4	57,11**	69,015**	40823,73**	2608042,0**	125,91**
Cultivar x solo	16	1,56ns	0,29ns	2532,929ns	5548,873*	4,685ns
Resíduo	72	1,28639	1,00556	4235,088	2811,375	8,21917
C.V. (%)		23,10	14,70	33,17	13,54	12,89
Quadrado médio (colheita)						
Causas de variação	G.L.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivar	4	5,08717ns	98,7099ns	54573,77*	35397,34ns	52,24701**
Solo	4	190,6488**	392,0831ns	260445,1**	12211530**	252,2037**
Cultivar x solo	16	6,47434ns	166,735ns	9132,938ns	53985,75ns	16,07934ns
Resíduo	72	6,66414	199,76	19346,88	96753,28	12,34172
C.V. (%)		38,09	245,32	38,59	24,20	15,90

** - significativo a 1%

* - significativo a 5%

ns - não significativo

TABELA 5A. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) da produção de matéria seca de raízes (MSR), altura de plantas e produção de grãos das plantas de arroz cultivadas em solos de várzea inundados (safra 1994/1995 e 1995/1996).

		Safrá 1994/1995		
		Quadrado médio		
Causas de variação	G.L.	MSR	Altura	Produção
Cultivar	4	17,0998ns	706,985**	16201060,0**
Solo	4	1085,102**	1305,685**	54657450,0**
Cultivar x solo	16	21,51884ns	64,3475**	2301018,0**
Resíduo	72	17,21636	28,21444	368971,1
C.V. (%)		24,91	5,76	13,59
		Safrá 1995/1996		
		Quadrado médio		
Causas de variação	G.L.	MSR	Altura	Produção
Cultivar	4	1,151334ns	484,665**	3736247,0*
Solo	4	27,47846**	1685,84**	152615400**
Cultivar x solo	16	1,93114ns	91,515**	812295,9ns
Resíduo	72	1,73029	19,1175	1240682,0
C.V. (%)		30,22	5,25	19,645