

5. CONCLUSÕES

- c) Os níveis de água de saturação e submersão do solo mostraram um efeito semelhante nos parâmetros MS da palha e MS da raiz e superiores ao nível de 70% do VTP ocupados por água;

FRANCISCO SANDRO RODRIGUES HOLANDA

**EFEITO DO FÓSFORO NA CULTURA DO ARROZ
(*Oryza sativa* L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA
EM SOLOS DE VÁRZEA DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do grau de "MESTRE".

**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS**

1992

FRANCISCO SANDRO RODRIGUES HOLANDA

DEPARTAMENTO

AGRICULTURA

DATA 21.05.1992

BRUNO LUIZ DE OLIVEIRA

EFEITO DO FÓSFORO NA CULTURA DO AROS
(Glyza sativa L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA
EM SOLOS DE VÁRZEA DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, para obtenção do grau de
"MESTRE".

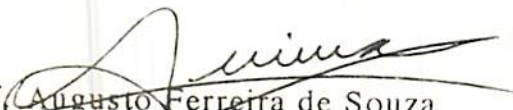
[REDACTED]

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

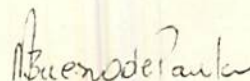
1992

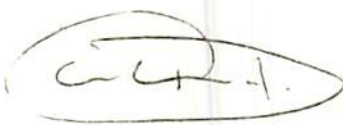
EFEITO DO FÓSFORO NA CULTURA DO ARROZ
(*Oryza sativa* L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA EM
SOLOS DE VÁRZEA DE MINAS GERAIS

Aprovada em: 12/08/1992


Prof. Augusto Ferreira de Souza
Orientador


Prof.^a Janice Guedes de Carvalho


Pesq.^a Miralda Bueno de Paula


Prof. Daniel Cassetari Neto

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO NA CULTURA DO PATRIMÔNIO

CONSTITUÍDA EM 1964 POR DECRETOS Nº 11.111 E Nº 11.112

DECRETO Nº 11.111 DE 1964

DECRETO Nº 11.112 DE 1964

DECRETO Nº 11.113 DE 1964

DECRETO Nº 11.114 DE 1964

DECRETO Nº 11.115 DE 1964

DECRETO Nº 11.116 DE 1964

DECRETO Nº 11.117 DE 1964

DECRETO Nº 11.118 DE 1964

*Ao Seu Assis e à D. Stela (meus pais)
pelo exemplo de amor, seriedade e
dedicação na tarefa de educar os filhos.*

DEDICO

*A minha esposa Tânia,
pelo apoio incondicional,
pelo amor e compreensão
nos momentos mais difíceis*

OFEREÇO

*Pois é o amor unidade multiplicada, e a
vida quando se recolhe aos livros é
para voltar mais vida.*

(CARLOS DRUMOND DE ANDRADE)

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela presença constante;

A Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), através de todo corpo docente, discente e funcionários, pela oportunidade de realizar parte de um projeto profissional;

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante a realização do curso;

Ao Prof. Dr. Augusto Ferreira de Souza, a Prof^a Dra. Janice Guedes de Carvalho e a pesquisadora, MSc., Miralda Bueno de Paula, pelo apoio, amizade e valiosa orientação no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. MSc., Daniel Cassetari Neto pela amizade e assessoria fitossanitária;

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio técnico através dos pesquisadores Júlio César, Sara Chalfoun e Francisco Nogueira;

Aos bolsistas do CNPq José Edson Moreira e João Nicanildo Santos pela amizade e contribuição na realização do nosso experimento;

Aos estudantes de graduação Ricardo N. Câmara e Heyder D. Silva e ao funcionário Evaristo (EPAMIG) pelo socorro no momento oportuno;

Aos laboratoristas do Departamento de Química da ESAL, Isaura Gonçalves, Alda Ferreira e Wilsor. Ferreira pela realização das análises químicas em tempo hábil;

Aos colegas e todos aqueles que de alguma forma contribuíram para tornar este trabalho uma realidade;

Aos meus irmãos que incentivando, muito contribuem para a minha formação.

OBRIGADO, MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEORICO.....	4
2.1. Considerações sobre a cultura do arroz.....	4
2.2. Manejo d'água na cultura do arroz.....	5
2.3. Efeito da inundação nas várzeas.....	8
2.4. Efeito do manejo d'água e da adubação fosfatada sobre os nutrientes.....	12
2.4.1. Nitrogênio.....	12
2.4.2. Fósforo.....	13
2.4.3. Potássio.....	16
2.4.4. Cálcio e Magnésio.....	17
2.4.5. Enxofre.....	18
2.4.6. Ferro.....	19
2.4.7. Manganês.....	21
2.4.8. Zinco.....	21

2.5. Relação entre desequilíbrio nutricional e a ocorrência de doenças no arroz....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Caracterização geral do experimento.....	24
3.2. Tratamentos e Delineamento Experimental.....	24
3.3. Condução do experimento.....	28
3.4. Análises químicas.....	30
3.5. Parâmetros avaliados.....	31
3.6. Análise estatística dos dados.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Efeito dos tratamentos sobre o teor de macro e micronutrientes no solo.....	32
4.1.1. Fósforo.....	32
4.1.2. Potássio.....	34
4.1.3. Ferro.....	34
4.1.4. Manganês.....	36
4.1.5. Zinco.....	38
4.1.6. Alumínio.....	41
4.2. Teor de nutrientes na palha (folha + colmo) e grãos.....	41
4.2.1. Nitrogênio.....	41
4.2.2. Fósforo.....	43
4.2.3. Potássio.....	46
4.2.4. Cálcio e Magnésio.....	49

4.2.5. Enxofre.....	52
4.2.6. Ferro.....	52
4.2.7. Manganês.....	55
4.2.8. Zinco.....	57
4.3 Efeitos dos tratamentos nos componentes da produção.....	58
4.3.1. Matéria seca da palha (folha + colmo).....	58
4.3.2. Matéria seca da raiz.....	60
4.3.3. Matéria seca total de grãos.....	62
4.3.4. Número de perfilhos / planta.....	62
4.4. Avaliação da severidade das doenças fúngicas.....	64
5 CONCLUSÕES.....	69
6. RESUMO.....	70
7 SUMMARY.....	72
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	74
9 APENDICE.....	94

LISTA DE QUADROS

QUADROS		PAGINA
1	Ocorrência de reações de oxi-redução em solos, e respectivos potenciais de eletrodos em volts.....	11
2	Características químicas dos solos estudados.....	25
3	Características físicas dos solos estudados.....	26
4	Descrição da cultivar MG-1.....	27

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PAGINA
1	Teor de fósforo no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 33
2	Teor de potássio no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 35
3	Teor de ferro no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 37
4	Teor de manganês no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 39

5	Teor de zinco no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	40
6	Teor de alumínio no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	42
7	Teor de nitrogênio na palha(folha + colmo) de arroz(<i>Oryza sativa</i> L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	44
8	Teor de fósforo na palha (folha + colmo) de arroz(<i>Oryza sativa</i> L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	45
9	Teor de fósforo nos grãos de arroz(<i>Oryza sativa</i> L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis e adubação fosfatada e três níveis de água.....	47
10	Teor de potássio na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	48
11	Teor de cálcio nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	51

- 12 Teor de enxofre na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.)
cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfata-
da e três níveis de água..... 53
- 13 Teor de ferro na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.)
cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfata-
da e três níveis de água 54
- 14 Teor de manganês na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.)
cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfata-
da e três níveis de água 56
- 15 Peso da matéria seca da palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa*
L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fos-
fatada e três níveis de água 59
- 16 Peso da matéria seca da raiz de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em
três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis
de água..... 61
- 17 Peso da matéria seca total de grãos de arroz(*Oryza sativa* L.) cultivado
em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três ní-
veis de água..... 63
- 18 Número de perfilhos/planta de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado
em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três ní-
veis de água..... 65

- 19 I.D. de mancha parda (*Dreschlera oryzae* Breda de Haan) em arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 66
- 20 I.D. de escaldadura (*Gerlachia oryzae* Hashioka e Yokogi) em arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 68

LISTA DE TABELAS

TABELAS	PAGINAS
1 Teor de fósforo (ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	87
2 Teor de potássio (ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	88
3 Teor de ferro (ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	89
4 Teor de manganês(ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.	90

5	Teor de zinco (ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	91
6	Teor de alumínio (meq/100cc) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	92
7	Teor de nitrogênio na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	93
8	Teor de nitrogênio nos grãos de arroz(<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.	94
9	Teor de fósforo na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	95
10	Teor de fósforo nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.	96
11	Teor de potássio na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	97

12	Teor de potássio nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água	98
13	Teor de cálcio na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.	99
14	Teor de cálcio nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.	100
15	Teor de magnésio na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água...	101
16	Teor de magnésio nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.	102
17	Teor de enxofre na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	103
18	Teor de enxofre nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.	104
19	Teor de ferro(ppm) na palha(folha + colmo) de arroz(<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	105

0	Teor de ferro (ppm) nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	106
21	Teor de manganês(ppm) na palha(folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	107
22	Teor de manganês (ppm) nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	108
23	Teor de zinco (ppm) na palha (folha + colmo) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	109
24	Teor de zinco (ppm) nos grãos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	110
25	Peso da matéria seca da palha (g / planta) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	111
26	Peso da matéria seca da raiz (g / planta) de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.....	112

- 27 Peso da matéria seca total dos grãos (g/planta) de arroz (*Oryza sativa* L.),
cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e
três níveis de água..... 113
- 28 Número de perfilho/planta de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em três
solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de
água..... 114
- 29 Avaliação da severidade de mancha parda (*Dreschlera oryzae* Breda de
Haan) em arroz (*Oryza sativa* L.), cultivado em três solos de várzea,
sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 115
- 30 Avaliação da severidade de Escaldadura (*Gerlachia oryzae* Hashioka e
Yokogi) em arroz(*Oryza sativa* L.) cultivado em três solos de várzea, sob
quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água..... 116

1 INTRODUÇÃO

Cerca de um terço da população mundial depende do arroz para o fornecimento de mais da metade de suas calorias e aproximadamente metade de sua proteína. A produção mundial de arroz em casca de 1989, que influi no volume de arroz disponível para o consumo e o comércio de 1990, chegou a 509 milhões de toneladas segundo dados da FAO (1990). Com uma produção variando de 7 a 9 milhões de toneladas de arroz em casca, o Brasil é o maior produtor do hemisfério ocidental.

Para STONE et alii (1984), aproximadamente 65% da produção brasileira origina-se basicamente de lavouras de sequeiro, já que a maior parte do cultivo se dá nas chamadas "terras altas" e se desenvolve na dependência exclusiva das águas de chuva, quase sempre irregulares, embora o rendimento do arroz seja maior quando cultivado em solo irrigado por inundação. GOMES et alii (1985), citam que as principais causas desse melhor desempenho são possivelmente, as maiores disponibilidades de água e de nutrientes no solo.

Pesquisas nos diversos ecossistemas onde o arroz é cultivado no sentido de buscar alternativas acima de tudo mais racionais vem sendo feitas com êxito no tocante às várzeas que para Lambster citado por MOTTA (1988), tem como vantagens, a topografia, o fácil uso da irrigação e uma distribuição por todos os estados do país. GALRÃO et alii (1984), afirma que a importância e utilização das várzeas reside no fato delas poderem ser exploradas intensivamente, através dos seus recursos hídricos.

CURI et alii (1988), definem várzea ou planície de inundação como constituída de terrenos baixos e mais ou menos planos que se encontram junto às margens dos rios e lagos, englobando basicamente os solos glei pouco húmico, glei húmico, orgânico e aluviais, que se desenvolveram a partir de sedimentos oriundos de diversas fontes, cuja grande variabilidade horizontal e vertical influencia marcadamente e reflete-se na adequação de uso e manejo de tais solos. Embora o Brasil seja detentor de um potencial de 30 milhões de hectares de várzeas irrigáveis, não tem conseguido expandir na quantidade desejada sua área de cultivo rizícola. Segundo MENEZES (1987) é preciso, elevar a atual produtividade média do arroz irrigado, através da adoção de um melhor manejo de práticas agrônômicas condizentes com o potencial produtivo das áreas de várzeas.

Nos solos inundados são geradas uma série de mudanças nas propriedades que interferem em quase todas as reações do solo, embora seja difícil separar as variações das propriedades físicas, químicas e biológicas. Aliada às pesquisas do arroz em várzeas no tocante à disponibilidade d'água para a cultura, é importante conhecermos cada vez mais o comportamento dos nutrientes neste ambiente. Para PATRICK JUNIOR & KHALID (1974) ocorre uma maior absorção de nutrientes por planta de arroz com o aumento da umidade do solo.

De acordo com GUEDES (1983) as variações do potencial de óxi-redução (Eh) e no potencial de hidrogênio (pH) dos solos de inundação controlam diretamente a atividade de vários elementos nutrientes de plantas. Nitrogênio, manganês e ferro são diretamente influenciados por estas variações, pois são elementos sujeitos às variações de estado de oxidação-redução. SANCHEZ (1976), cita que a redução do Fe^{+3} é considerada a mais importante reação que ocorre em solos inundados, porque ela aumenta o pH, aumenta a disponibilidade de fósforo e desloca cátions dos sítios de adsorção.

Sendo o fósforo um dos elementos mais afetados em sua disponibilidade pela variação da umidade do solo, e sendo a absorção adequada de nutrientes pela planta condicionada pela disponibilidade, este trabalho objetivou determinar em casa de vegetação, a curva de resposta do arroz à adubação fosfatada em diferentes níveis de água, em solos de várzea.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Considerações sobre a cultura do arroz

O arroz embora seja considerada cultura de clima tropical, é cultivada desde o norte da Tchecoslováquia, 40° LN até o sul da Austrália, 35° LS (Moomaw e Vergara, 1964, citados por MASCARENHAS 1987). A espécie de arroz denominada é a *Oryza sativa* L., que teve sua origem na região sudoeste da Ásia, e de lá foi disseminada para todas as partes do mundo. Esta distribuição geográfica da cultura reflete a importância fundamental do cereal na alimentação dos mais diferentes povos, provavelmente em função do seu valor nutricional, que segundo FAGERIA (1984), depois da cevada e aveia, o arroz é o cereal que produz a maior quantidade de calorias; gordura menos apenas que a aveia e, carboidratos, menos que o milho cevada e o milheto. O valor nutricional e as condições edafoclimáticas propícias ao seu cultivo fazem com que o arroz seja cultivado em todo território nacional, embora a maior produção esteja concentrada principalmente, nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

O arroz de sequeiro ainda predomina em termos de área cultivada em todo o país, embora com produtividades muito abaixo das conseguidas com o arroz irrigado. Para FAGERIA (1984), no sistema de sequeiro o aumento da produção só ocorre com o aumento da área cultivada já que a produtividade vem decrescendo, o que não ocorre com o sistema irrigado, em função do aumento da área cultivada e produtividade.

O arroz irrigado exige solos com condições físicas que permitam a inundação na maior parte do ciclo. Por isso, os mais indicados são os de relevo plano, lençol freático próximo   superfície e textura que possibilite as condições adequadas de retenção e drenagem da água, os chamados solos de várzea. (LAMSTER, s.d.).

É Embora qualquer cultivar possa ser cultivada sob condições de sequeiro ou inundado, o seu desenvolvimento e produtividade sofrem significantes alterações. A planta de arroz adapta-se em solos inundados devido à presença do aerênquima, que são extensos espaços intercelulares, que se estendem das folhas até às raízes, por onde se movimentam o oxigênio e outros gases. Raízes de arroz cont m aerênquimas mesmo quando crescidas em solos drenados ou soluções aeradas, embora o volume de aerênquimas aumente sob anaerobiose (JOHN, 1977). A planta absorve o oxigênio através dos estômatos das folhas e da bainha, sendo deslocado para as raízes, onde é utilizado para a respiração, oxidando a zona do solo ao seu redor (rizosfera), razão pela qual o arroz não necessita de drenagem para ser abastecida de oxigênio (SANCHEZ, 1976; LOPES, 1990). Sabe-se que a planta de arroz é 10 vezes mais eficiente que a cevada e 4 vezes mais do que o milho, em transporte de oxigênio molecular da parte  erea para as raízes, (Jensen et alii, 1967, citados por FAGERIA, 1984).

2.2. Manejo d'água na cultura do arroz

O arroz é adaptado fisiológica, morfológica e anatomicamente para crescer em solos saturados ou inundados (MORAES & FREIRE, 1974; TOLLEY et alii, 1986 e FAGERIA, 1984). A  gua   o mais crítico de todos os elementos necessários para uma boa produção de arroz (RICE JOURNAL, 1988), afetando o caráter físico das plantas, o nível de nutrientes do solo e a natureza e amplitude do crescimento das plantas invasoras. DREYER (1972) e Tomar & Ghildyal (1972), citados por MASCARENHAS (1987) afirmam que uma melhor relação

solo-água-planta promove uma maior hidratação dos tecidos consequentemente maior taxa transpiratória e maior absorção de nutrientes, em função de uma maior degradação das células do córtex radicular das plantas desenvolvidas em solos inundados.

De acordo com GOMES et alii (1985), com a saturação do solo obtém-se a condição de máxima disponibilidade da água possível para um dado solo, e a alta disponibilidade de água no solo saturado possibilita que a planta mantenha um potencial de água nas folhas consideravelmente maior do que conseguiria no solo em condições de sequeiro, favorecendo maior taxa fotossintética nas folhas consequentemente acumulação de massa e a produção de carboidratos.

O deslocamento dos nutrientes dentro da solução do solo em direção às raízes ocorre por fluxo de massa e por difusão (MALAVOLTA, 1980). O fluxo de massa depende da quantidade de água absorvida pela planta e, como essa quantidade é mais elevada no arroz por alagamento, ele é beneficiado. Da mesma maneira, a difusão é altamente dependente do teor de umidade do solo, e portanto, é máxima para um solo quando estiver saturado, logo o alagamento do solo aumenta a disponibilidade de nutrientes para a planta (GOMES et alii, 1985).

O objetivo primordial de qualquer sistema irrigado é proporcionar a quantidade de água necessária no momento oportuno. Segundo DE DATTA et alii (1975), a quantidade de água necessária para um cultivo de arroz irrigado é aquela que satisfaça a evapotranspiração ao longo do ciclo, bem como as perdas devidas à percolação e ao manejo. Muitos são os fatores que influem no consumo de água na lavoura de arroz, e entre eles, o solo, que se não apresentar um horizonte inferior com uma condutividade hidráulica baixa, proporcionará uma percolação elevada. De acordo com ALVA & PETERSEN (1979), existe uma relação entre a condutividade hidráulica e a produção de grãos em solos alagados, em que a produção aumenta com a eficiência de absorção da água, em consequência de um sistema radicular melhor

desenvolvido e alta condutividade hidráulica acima da camada menos permeável do solo. Segundo OLIVEIRA (1988), condutividade hidráulica é a propriedade física usada para explicar o processo de infiltração de água no solo e para dimensionar, avaliar e manejar sistemas de irrigação e/ou drenagem. As condições climáticas locais como a temperatura, insolação, umidade relativa e velocidade dos ventos influem diretamente na evapotranspiração e conseqüentemente no consumo de água.

O manejo d'água para a cultura do arroz é prática muito dispendiosa e, segundo MASCARENHAS (1987) deve ser realizada com muito cuidado para evitar disperdícios tendo em vista o grande volume necessário para a elevação do lençol freático e subsequente manutenção de uma camada de água para inundação sobre o solo. De acordo com GUIMARÃES et alii (1974), essa condição é indispensável, a fim de atender às necessidades hídricas da planta e às perdas normais por evapotranspiração-infiltração. DE DATTA et alii (1975) ressaltam que o eficiente manejo d'água significa: efetividade no controle das plantas daninhas, máxima absorção de nutrientes, manutenção de uma quantidade de água necessária economicamente para o desenvolvimento das plantas sem provocar perdas.

A prática mais comum de manejo d'água dos arrozais cultivados em várzea é o uso da modalidade de irrigação por inundação contínua, quando as lavouras ficam permanentemente cobertas com uma lâmina de água durante o ciclo da cultura. Conforme TSUTSUI (1972) através da irrigação contínua é possível fazer um melhor controle das ervas daninhas; controle da temperatura do solo, pois não ocorrerão temperaturas extremas devido à presença da água que tem um calor específico superior ao do solo. Segundo LEE et alii (1977) e SAHA & MANDAL (1979), ocorrerá melhor fixação do nitrogênio atmosférico, devido ao crescimento das algas verdes-azuis, que também contribuem para importantes mudanças nas propriedades químicas dos solos inundados, particularmente quanto a solubilidade do ferro e manganês; ocorrerá aumento da fotossíntese nas folhas mais baixas devido ao reflexo da luz da água e durante os primeiros estágios, há um aumento na

disponibilidade dos nutrientes das plantas, tais como, fósforo, ferro, manganês e silício. SCALCO (1983), trabalhando com diversos níveis de umidade do solo, excluindo a inundação, concluiu que os níveis de mais alta umidade no solo aumentaram a absorção dos nutrientes analisados. Para LOPES (1990) uma lâmina de 5-10 cm de água é suficiente para que os benefícios da inundação sejam observados.

2.3. Efeito da inundação nas várzeas

Nos solos inundados são geradas uma série de mudanças nas suas propriedades que interferem em quase todas as reações do solo. Quando um solo é inundado ocorrem processos físicos, químicos, físico-químicos e microbiológicos que afetam profundamente o crescimento e absorção dos nutrientes pela cultura do arroz, a disponibilidade e as perdas de nutrientes do solo. Em função do rápido consumo de oxigênio pelos microorganismos, ocorre a formação de um gradiente de concentração de oxigênio resultando em uma camada de oxidação e outra de redução, logo abaixo da superfície do solo. Com o passar do tempo os microorganismos aeróbicos quase se extinguem ocorrendo aumento da população de microorganismos anaeróbicos que utilizam outro substrato diferente do oxigênio. GOMES et alii (1985) ressaltam que a difusão de O_2 na água é muito lenta e em consequência a entrada de O_2 para o solo alagado é praticamente eliminada. MORAES (1973) ressalta que a drástica restrição na difusão do oxigênio não implica que o perfil inteiro de um solo inundado esteja desprovido de ar, pois a concentração de oxigênio pode ser alta na capa superficial de mais ou menos 1 cm de espessura, onde a difusão de O_2 é suficiente para o consumo de microorganismos.

Em solos com alto teor de matéria orgânica e uma alta população de microorganismos, o consumo de oxigênio é grande e a camada oxidada é menos espessa. Abaixo desta capa de solo, localiza-se uma zona praticamente desprovida de oxigênio (camada

reduzida), que vai desde a superfície do solo até uns 6 a 15 cm de profundidade, de cor avermelhada, na qual se encontram as raízes do arroz, sendo caracterizada quimicamente pela ausência de oxigênio e de radicais oxidados típicos, como o Fe-férrico, Mn-mangânico, nitratos, sulfatos, e ainda os microorganismos aeróbicos, predominando na verdade Fe-ferroso, Mn-manganoso, N-nítrico e amoniacal e S-sulfuroso, assim como microorganismos anaeróbicos PATRICK JUNIOR & MAHAPATRA, (1968); PONNAMPERUMA, (1972) e Leon & Arregocés (1981), citados por ABREU & LOPES, (1988).

Segundo PONNAMPERUMA (1972), a diferença básica entre um solo inundado e um solo bem drenado, é que o primeiro está num estado reduzido, e esta redução é consequência da respiração anaeróbica das bactérias do solo e segundo MORAES (1973) as bactérias anaeróbicas utilizam substâncias oxidadas solúveis como receptores de elétrons em sua respiração, reduzindo-as. Assim, durante a respiração anaeróbica a matéria orgânica é oxidada e os componentes do solo são reduzidos. A oxidação e a redução é a transferência de elétrons de um íon ou molécula para outro íon ou molécula, sendo que o doador de elétrons perde elétrons e aumenta o seu número de oxidação ou é oxidado e o aceptor ganha elétrons e diminui o seu número de oxidação ou é reduzido, sendo a matéria orgânica a fonte de elétrons para as reduções biológicas. (SANCHEZ, 1976).

De acordo com GUEDES (1983) o potencial de oxi-redução (Eh), medida quantitativa da tendência de um dado sistema oxidar ou reduzir, é o principal diferenciador entre os solos inundados e bem drenados, pois o baixo potencial dos solos inundados (0.2 a -0.4 volts) reflete seu estado de redução, enquanto que o alto potencial dos solos bem drenados (0.3 a 0.8 volts) reflete seu estado de oxidação. Neste sentido, dados obtidos por Takai & Kamura (1966), citados por PATRICK JUNIOR & MAHAPATRA (1968), mostraram que o ferro ferroso começa a aparecer no solo quando o potencial redox está na faixa de 0.15 a -0.1 volts. Quando um solo aeróbico é inundado o seu potencial de oxi-redução decresce em poucos dias e aumenta até alcançar um máximo, decrescendo novamente, assintoticamente, para um

valor característico do solo depois de 8-12 semanas de submersão. A magnitude do decréscimo do Eh depende do tipo e quantidade de matéria orgânica, natureza e conteúdo de aceptores de elétrons, temperatura e duração da submersão. Os autores citados ainda relatam que o potencial redox no qual o oxigênio desaparece está na faixa de 0.32 a 0.34 volts.

Quando um solo ácido é inundado, o seu pH se eleva em consequência da redução de óxidos mangânicos e hidróxidos férricos que liberam OH^- , atingindo um máximo num prazo de 2 a 4 semanas, sempre e quando a temperatura do solo se mantém entre 25 e 30°C e aí se estabiliza durante o tempo que durar a inundação (Ponnamperuma et alii, 1963, citados por MORAES, 1973 e RAIJ, 1991). O excesso de ferro solúvel retarda o crescimento da planta de arroz e os sintomas podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento porém, comumente aparecem por ocasião do máximo perfilhamento e no início da floração (FAGERIA et alii, 1981). Tadano (1975) citado por FAGERIA et alii (1981), relata que a oxidação que ocorre nas raízes causa precipitação de parte do ferro ferroso, importante por diminuir a absorção de ferro reduzido em altas concentrações na zona radicular. A existência de condições redutoras, desencadeia uma série de reações de redução que consomem íons H^+ , alterando a relação entre H^+ e OH^- na solução do solo. A relação entre H^+ e o número de elétrons consumidos durante a reação de redução e os teores de matéria orgânica facilmente oxidável é que vão determinar a magnitude do aumento do pH dos solos ácidos com a inundação. Observando o Quadro 1, notamos que a redução do ferro é a que apresenta a mais alta relação = 3H^+ consumidos para cada elétron, vindo logo a seguir, a redução do manganês, com 2H^+ consumidos para cada elétron (PONNAMPERUMA, 1972).

Nos solos cálcários ou sódicos ocorre um lento decréscimo do pH após a inundação em função da acumulação de CO_2 produzido pela respiração das bactérias aeróbicas, estabilizando-se num prazo de 1 a 2 semanas após a inundação. De acordo com SANCHEZ (1976), em solos alcalinos, o efeito da redução do ferro é menos importante porque eles contêm baixos teores do elemento, enquanto que em solos ácidos o aumento da pressão parcial

de CO_2 é menos importante do que a redução de compostos férricos. Os solos com alto percentual de matéria orgânica e compostos férricos (Fe^{+3}), atingem pH em torno de 6.5 em poucas semanas após a inundação, e solos ácidos com baixo teor de matéria orgânica ou compostos férricos, demandam mais tempo para atingir valores de pH em torno de 6.5. Baixas temperaturas ou presença de íons nitrato também retardam a elevação do pH dos solos após a inundação (PONNAMPERUMA, 1972). De acordo com FAGERIA (1984), o aumento do pH de solos ácidos beneficia o arroz de solo inundado porque elimina a toxidez de alumínio, minimiza a toxidez de ferro e aumenta a disponibilidade de fósforo.

Quadro 1. Ocorrência de reações de oxi-redução em solos e respectivos potenciais de eletrodos em volts.

Reação	Potencial de eletrodo (Eh). (volts)
Consumo de O_2	
$1/2 \text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	0.4 a 0.6
Consumo de NO_3^-	
$\text{NO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	0.2 a 0.5
Produção de Mn^{+2}	
$\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	0.2 a 0.4
Produção de Fe^{2+}	
$\text{FeOOH} + \text{e}^- + 3\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.1 a 0.4
Produção de HS^-	
$\text{SO}_4^{=2} + 6\text{e}^- + 9\text{H}^+ \rightarrow \text{HS}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	0.0 a -0.15

Fonte: Simplificado de PONNAMPERUMA (1972)

2.4. Efeito do manejo d'água e da adubação fosfatada sobre os nutrientes

2.4.1. Nitrogênio

O nitrogênio, 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 (YOSHIDA, 1981), embora o arroz comumente utilize menos do que 40% do fertilizante nitrogenado aplicado (Mitsui, 1954, citado por VLEK et alii 1980). Entre os adubos nitrogenados a uréia se mostra a mais usada, embora com uma baixa eficiência que, para SINGH et alii (1984) está entre 30 e 40%.

Segundo GONZALEZ (1984), o nitrogênio é absorvido rapidamente durante as primeiras etapas de desenvolvimento até o final da etapa de grão pastoso e decai ligeiramente durante o estado de máximo perfilhamento e diferenciação.

De acordo com FAGERIA (1984), os dois processos mais importantes de perdas de nitrogênio em solos inundados são nitrificação e desnitrificação, sendo o primeiro pouco importante quando comparado com o segundo. A nitrificação é um processo de oxidação enzimática ocasionado por certas bactérias (*nitrosomonas* e *nitrobacter*) em condições aeróbicas e a desnitrificação consiste na transformação do íon nitrato em óxido nitroso (N_2O) e nitrogênio elementar (N_2) em condições anaeróbicas. Ocorrem também perdas por volatilização da amônia em alta concentração, em conjunção com alto pH, alta temperatura e baixa capacidade de troca de cátions (Willis & Sturgis, 1944, citados por PATRICK JUNIOR & MAHAPATRA, 1968).

Para REDDY & RAO (1983), os solos inundados são caracterizados pela acumulação de NH_4^+ solúvel e fósforo durante a decomposição anaeróbica. Assim, o

nitrogênio amoniacal foi mostrado ser prontamente oxidado nas camadas superficiais aeróbicas do solo ou nas águas superficiais e o nitrato, deste modo formado, difunde-se de volta para as zonas aeróbicas dos sedimentos sofrendo desnitrificação. A quantidade de amônia solúvel e fósforo liberado na camada superficial dos solos orgânicos submersos, depende da solubilização do nitrogênio e fósforo orgânico originados dos sedimentos da água superficial.

Para SINGH & SINGH (1983) a química do nitrogênio, que é largamente diferente sob condições saturadas ou insaturadas, pode ser influenciada diferentemente pelo zinco e fósforo. Os autores trabalhando com doses diferenciadas de fósforo, constataram que a concentração e absorção de nitrogênio em condição saturada aumentaram significativamente embora a dose mais alta (100 ppm) tenha influenciado na diminuição da concentração de nitrogênio no grão sobre a dose de 50 ppm e a concentração de nitrogênio diminuiu na palha madura enquanto que aumentou nos grãos. Shapiro, 1958, citado por PANDE & MITRA (1970), observou que a aplicação do fósforo aumentou a absorção do nitrogênio (Okada, 1932, citado por ENYI, 1963), e acelerou a maturidade. Porém, a produção de grãos em altos níveis de fósforo em solo "secos" é significativamente menor que a produção de grãos em solos inundados com baixos níveis de fósforo, sugerindo que sob condições de solo "seco", a disponibilidade de nitrogênio bem como a de fósforo é um fator limitante. PANDE & MITRA (1970), ainda ressaltam que o conteúdo de nitrogênio na palha do arroz foi significativamente mais alto sob inundação, provavelmente em função da maior disponibilidade de fósforo para a planta.

2.4.2. Fósforo

O fósforo se apresentando como fosfato inorgânico, é um composto rico em energia, e como uma coenzima está diretamente envolvido na fotossíntese.

De acordo com YOSHIDA (1981) as espécies iônicas de fosfato na solução do solo são dependentes do pH deste mesmo solo. Dentro da faixa de pH de 4 a 8, as principais espécies iônicas presentes são H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , embora a $\text{pH} = 5,0$ H_2PO_4^- seja dominante sobre HPO_4^{2-} . Como fosfato inorgânico, é um composto rico em energia, e como uma coenzima está diretamente envolvido na fotossíntese.

A absorção de fósforo pela planta é lenta até quando se inicia o primórdio floral, aumentando até pouco depois da floração, quando as necessidades da planta estão satisfeitas (GONZALEZ, 1984). NIKOLAEVA et alii (1986), afirmam que o fósforo é mais rapidamente absorvido na fase de perfilhamento e a absorção decresce perto do final da fase de crescimento. Os autores ainda afirmam que com o passar do tempo o conteúdo de P_2O_5 do solo decresce quando o arroz é cultivado em monocultura. Para REDDY, et alii (1985), 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.

O fósforo ocorre nos solos nas formas solúveis e insolúveis como fosfatos adsorvidos ou co-precipitados com hidróxidos de Fe^{+3} e Mn^{+4} , predominantes em solos ácidos, ou fosfatados de Ca^{+2} predominantes em solos alcalinos e fosfatos orgânicos (PONNAMPERUMA, 1972). Segundo o mesmo autor, a imediata consequência dos processos de redução nos solos inundados é a elevação do pH e o aumento da concentração de fósforo disponível solúvel em água. Assim, quando o pH aumenta os fosfatos de alumínio e ferro liberam o fósforo, enquanto o fosfato de cálcio só libera o fósforo com a diminuição do pH.

Goswami & Banerjee (1978), citados por GUEDES (1983) relatam que o aumento da solubilidade do fósforo após a inundação do solo se deve aos seguintes fatores:

- liberação do fósforo da matéria orgânica

- aumento da solubilidade dos fosfatos, associados com variações de pH;
- redução de compostos férricos ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), para compostos ferrosos ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), que são mais solúveis;
- deslocamento do fósforo de fosfatos de Fe^{+3} e Al^{+3} por ácidos orgânicos (HAZRA & DEBNATH, 1983);
- aumento do fator de difusão do fósforo na solução do solo.

Os ions fosfato liberados por estas reações e da decomposição da matéria orgânica podem ser readsorvidos pelas argilas ou hidróxidos de alumínio na zona anaeróbica ou podem se difundir para zonas oxidadas e serem reprecipitados. Consequentemente o aumento da concentração do fósforo solúvel é menor e transitório em solos ácidos que em solos calcários (FAGERIA, 1984). Basak & Bhattachrya (1962), citados por MANDAL & DAS (1970), consideraram a mineralização do fósforo orgânico, em adição com a redução do fosfato de ferro, importantes para o aumento da disponibilidade do fósforo em solos submersos. A mineralização de fósforo orgânico para formas inorgânicas não é controlada por um equilíbrio entre fósforo orgânico e inorgânico, mas é independente em grande extensão do conteúdo de fósforo inorgânico (DAUGHTREY et alii, 1973) e, a imobilização do fósforo orgânico mineralizado pelos microorganismos do solo não é necessariamente rápida quando o nível de fósforo inorgânico é completamente alto, (MANDAL & DAS, 1970).

Para PATRICK JUNIOR & MAHAPATRA (1968) e MANDAL & DAS (1970) a possibilidade de fosfato solúvel em água sofrer rápida fixação em solos inundados (ácidos) é uma provável causa da falta de resposta do arroz inundado à fertilização com fósforo já que tais solos contêm larga quantidade de ferro hidratado, que são altamente reativos e removem fosfato da solução do solo. MORAES (1973), trabalhando com diferentes doses de fósforo em solos de várzea, não observou diferença nas primeiras semanas de inundação, considerando

que o fertilizante é fixado nos primeiros dias de submersão ou seja os fosfatos solúveis como fertilizante são transformados em fosfatos férricos e somente depois que ocorre a inundação é que os fosfatos são solubilizados. Chiang (1963) citado por MANDAL & DAS (1970), mostrou que a fixação do fosfato adicionado em solos inundados ácidos foi muito rápida e foi completada dentro de cinco a nove dias.

De acordo com ENYI (1963) a inundação do solo provocou um aumento no perfilhamento e no peso seco da planta de arroz nos níveis mais baixos de fósforo, com um efeito negativo para as doses mais altas, sugerindo que em condições de inundação não é necessário aplicação de altas doses de fósforo, já que a presença de excesso de fósforo pode causar deficiência de outros nutrientes. NOVAIS et alii (1972) e GRANDE et alii, (1986), observaram respostas altamente significativas para produção com aplicações de fertilizante fosfatado, mostrando ser o fósforo o maior limitante da produção. 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.

MACHADO et alii (1983) observaram diminuição na esterilidade (% de grãos estéreis), bem como na duração do ciclo (emergência ao fim da floração), com a elevação das doses de fósforo.

2.4.3. Potássio

Ao atuar na abertura e fechamento dos estômatos, o potássio se relaciona com a difusão do CO₂ nos tecidos verdes, primeiro passo para a fotossíntese, e é também essencial na atividade das enzimas (MALAVOLTA, 1980). Para GONZALEZ (1984), o potássio é

absorvido segundo o crescimento da planta até o final da etapa de grão leitoso, decaindo em seguida.

Há aumento da concentração de K^+ na solução do solo após a inundação em consequência das reações de troca entre K^+ e Fe^{+2} , NH_4^+ e Mn^{+2} cujos teores aumentam em condições reduzidas (PONNAMPERUMA, 1972). Trabalho realizado por Islan & Islan (1973) citados por GUEDES (1983), confirma o exposto, acrescentando que o crescimento do arroz e/ou conteúdo de K^+ na planta foram maiores em solos inundados do que em capacidade de campo. Segundo BARBOSA FILHO (1987) a não resposta à adubação potássica em solos inundados se deve a : a) possibilidade de suprimento de potássio pela água de irrigação; b) cerca de 80 a 90% do K absorvido é acumulado na palha, que retorna ao solo após a colheita através da incorporação dos restos vegetais; c) teor adequado de potássio no solo capaz de atender à necessidade da cultura; d) aumento da disponibilidade de K em solos inundados, através do deslocamento deste elemento do complexo de troca para a solução, pelos íons Fe^{+2} e Mn^{+2} (YOSHIDA, 1981).

TROLLDENIER (1977), estudando a influencia de NPK nos processos de redução na rizosfera do arroz, verificou que a adição de nitrogênio baixou o potencial redox mais marcadamente do que fez a adição de fósforo, enquanto que a aplicação de potássio aumentou este potencial. Assim experimento com solo pobre em potássio, mostrou que a adubação potássica, aumentou o potencial redox em relação ao tratamento sem o nutriente.

2.4.4. Cálcio e Magnésio

O cálcio faz parte das paredes das células, sendo importante para a permeabilidade das membranas e é necessário para a divisão celular. O magnésio é um componente da clorofila e como o cálcio, é importante ativador enzimático (MALAVOLTA, 1980).

Para MACHADO et alii (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. O aumento na disponibilidade do fósforo nos solos inundados é também determinado pelo aumento na solubilidade do Ca-P com o decréscimo do pH causado pela acumulação de CO_2 em solos calcáreos (PONNAMPERUMA, 1972). Alto conteúdo de CaCO_3 dos solos mostraram o mais alto nível crítico de fósforo na inundação, que pode ser explicado pela desorção do fósforo do CaCO_3 e solubilização do fósforo devido à pressão do CO_2 , (SAMIEI & SINGH, 1987). Singh & Singh (1980), citados por GUILHERME et alii (1989), observaram decréscimos na absorção de fósforo pelo arroz com adição de CaCO_3 em solos inundados, atribuindo-os à fixação do fósforo nativo na presença de CaCO_3 , devido à formação de fosfatos de cálcio de baixa solubilidade. Segundo FAGERIA (1984), em solos ácidos com baixos teores de cálcio e magnésio, ocorre resposta à calagem. Respostas positivas na produção de matéria seca pelo arroz, em decorrência da elevação dos níveis de Ca e Mg através da calagem são menos prováveis de ocorrer em solos com níveis baixos de fósforo (GUILHERME et alii, 1989).

HOWELER (1973), afirma que grande quantidade de calcário pode reduzir consideravelmente o teor de ferro na solução do solo e nas folhas das plantas. FREIRE et alii, (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 os teores de Fe no tecido vegetal.

2.4.5 Enxofre

É parte das proteínas e é requerido para a síntese de vitaminas (MALAVOLTA, 1980).

As principais transformações que ocorrem com o enxofre no solo são: a) oxidação do enxofre elementar, sulfatos, enxofre orgânico e compostos de sulfatos, e b) redução do SO_4^{2-} (FAGERIA, 1984).

O principal produto da redução do SO_4^{2-} para sulfetos é o H_2S (Ac. sulfídrico), efetivada por um grupo de bactérias anaeróbicas obrigatórias do gênero *Desulfovibrio* e *Desulfoformaculum*, que usam SO_4^{2-} no processo respiratório. O ácido sulfídrico se combina com Fe^{+2} , Mn^{+2} e Zn^{+2} , formando compostos insolúveis (sulfetos) de baixa ou nenhuma disponibilidade para as plantas (GUEDES, 1983). Para FAGERIA (1984), a redução do sulfato tem as seguintes implicações para a cultura do arroz: a) o suprimento de S pode tornar-se insuficiente ; b) zinco e cobre podem ser imobilizados e, c) pode ocorrer toxidez de H_2S em solos com baixo teor de ferro.

2.4.6. Ferro

Segundo PONNAMPERUMA (1972), a mais importante mudança química que ocorre quando um solo é inundado é a redução de ferro acompanhado do aumento da sua solubilidade, com importantes consequências químicas como: a) a concentração de ferro solúvel em água aumenta; b) o pH aumenta c) cátions são deslocados dos sítios de troca d) a solubilidade do fósforo e sílica aumentam e e) novos minerais são formados.

De acordo com FAGERIA et alii (1981), altos teores de ferro na solução do solo são precipitados sobre as raízes, formando uma crosta de óxido férrico, causando toxicidade deste elemento no arroz (HOWELER, 1973 e BARBOSA FILHO et alii, 1983) e reduzindo a capacidade do sistema radicular de absorver nutrientes, especialmente P, K, Ca e Mg de um meio que já pode ser deficiente, segundo Chen et alii (1980) citado por FORNASIERI FILHO (1988). BENCKISER et alii (1984) e LANTIN & NEUE (1988) asseguram que o nível tóxico

de ferro depende do balanço nutricional da planta e está associado à níveis baixos de matéria orgânica no solo. FAGERIA (1984), relata que o sintomas de toxidez de ferro são: a) crescimento e desenvolvimento retardados; b) redução do perfilhamento; c) folhas amareladas; d) raízes curtas, grossas e pouco ramificadas e e) raízes de cor vermelha. Para VERMA & MINHAS (1989), a máxima absorção de ferro e manganês é observadas entre o perfilhamento e o florescimento, e a mínima absorção ocorreu antes do perfilhamento.

De acordo com MANDAL & DAS (1970), a magnitude da transformação do fósforo solúvel em solos inundados para cultivo de arroz em fósforo de ferro não tem aparente correlação com o pH inicial dos solos ou seja parece ser mais dependente do Fe_2O_3 (óxido de ferro) e conteúdo de ferro ativo dos solos. Assim, solos ricos em óxido de ferro e em ferro ativo, mostraram progressivo aumento com o tempo de contato, na quantidade de fósforo de ferro formado, enquanto os solos pobres nestes constituintes não mostraram qualquer aumento. MANDAL & HALDAR (1980), trabalhando com incubação de fósforo e zinco em solos rizícolas, constataram um decréscimo do conteúdo de ferro extraível nos solos estudados à medida que aumentava as doses de fósforo, sendo atribuído à interação ferro e fósforo resultando na formação do fósforo de ferro.

Concordando que o solo inundado não é reduzido homogeneamente, Aomine (1962), Harmsen & Breeman (1975), citados por KUO & MIKKELSEN (1979), relatam que o ferro ferroso pode se difundir pela fina interface oxidada da camada água-solo e também descer para as camadas oxidadas do horizonte B. Deste modo a redistribuição do ferro no perfil inundado do solo pode alterar a adsorção do fósforo em diferentes camadas do perfil do solo, afetando a disponibilidade para as culturas.

2.4.7. Manganês

As transformações do manganês em solos inundados são: a) redução de óxidos de Mn^{+4} para óxidos de Mn^{+2} ; b) aumento na concentração de manganês solúvel em água; c) precipitação de carbonato de manganês e d) reoxidação de Mn^{+2} se difundindo ou movendo-se por fluxo de massa para interfaces oxigenadas do solo (PONNAMPERUMA, 1972).

De acordo com GUEDES (1983), a redução de óxidos de Fe^{+3} e Mn^{+4} e a produção de complexos organo-metálicos poderá aumentar a solubilidade de Co, Cu e Zn, aumentando a disponibilidade de Co, Cu e Mo e reduzindo a disponibilidade de zinco. MANDAL & HALDAR (1980), relatam que a aplicação de doses crescentes de fósforo promoveu a diminuição do conteúdo de manganês extraível consequentemente devido à sua precipitação como fosfato de manganês.

PONNAMPERUMA (1972), afirma que solos ácidos ricos em manganês e matéria orgânica, desenvolvem concentrações de manganês (Mn^{+2}) solúveis em água tão altas como 90 ppm dentro de uma ou duas semanas de submersão e depois mostra um igualmente rápido declínio para um nível estável em torno de 10 ppm. Solos alcalinos e com baixos teores de manganês, raramente contém mais do que 10 ppm de Mn^{+2} solúvel em água em qualquer estágio de submersão. No final do cultivo quando o solo é drenado, o ar penetra e reoxida tanto o ferro como o manganês, sendo o Fe^{2+} mais facilmente oxidado que o Mn^{2+} que é rapidamente convertido a óxidos hidratados de ferro trivalente (FAGERIA, 1984).

2.4.8. Zinco

Sob condições prolongadas de inundação a concentração de zinco na solução do solo decresce drasticamente (MURTHY, 1980, e GUEDES, 1983) e como o zinco não é diretamente

afetado pelo potencial de óxido redução dos solos inundados, admite-se que o pH seja o fator que mais diretamente afeta a quantidade de zinco na condição de inundação, ou seja, a disponibilidade diminui à medida que o pH do solo aumenta (LOPES & ABREU, 1988). Segundo MANDAL & HALDAR (1980), estudos termodinâmicos desenvolvidos pelo IRRI (International Rice Research Institute) em 1970, em solos inundados revelaram que solos neutros e alcalinos ricos em fósforo mostraram tendência de apresentarem baixa concentração de zinco. Esta observação foi confirmada por ALAM & AZMI (1989) em experimento envolvendo zinco e fósforo onde concluíram que a aplicação crescente de fósforo provocou uma redução gradual no conteúdo de zinco extraível. Para Giordano & Mortvedt (1972), citados por SINGH & SINGH (1980) a aplicação de fósforo faz decrescer a absorção de zinco pelo arroz em solos úmidos mas não em solos alagados e que uma leve mudança de pH não afeta a absorção de zinco, ou seja a principal razão para a redução de zinco pode ser o CaCO_3 . SINGH & SINGH (1980) porém confirmam a maior parte dos trabalhos relacionando fósforo e zinco quando reafirma a relação antagonista entre os dois nutrientes em solos inundados, em que o aumento na concentração e absorção em grãos com aplicação de fósforo foi muito mais alta na ausência de zinco. Para BINGHAM (1963), o zinco é supostamente precipitado ou inativado na raiz pelo fósforo. Bingham & Garber (1960) e Burleson et alii (1968), citados por FAGERIA et alii (1977), sugerem que a interação Zn vs P deve ser fisiológica, consequência de fenômenos de absorção das superfícies das raízes, como também de problemas com translocação no solo, junto às raízes.

É evidente o antagonismo entre ferro, fósforo e zinco, pois quando presentes no sistema em formas disponíveis podem interagir entre si (SINGH & SINGH, 1983), levando a efeitos de interação menos drásticos, sendo que o ferro pode ser superior em condições de inundação devido a fatores favoráveis à sua disponibilidade e devido a uma forte interação entre fósforo e zinco.

2.5. Relação entre desequilíbrio nutricional e a ocorrência de doenças no arroz

A obtenção de melhores resultados a nível de produtividade muitas vezes é limitada pelo manejo inadequado da água e da adubação acentuando as condições mais propícias ao estabelecimento de doenças como a Brusone causada por *Pyricularia oryzae* Cav. Mancha Parda causada por *Dreschlera oryzae* (Breda de Haan) Subran & Jain e Escaldadura causada por *Gerlachia oryzae* (Hashioka e Yokogi) W. Gams. Segundo PRABHU (1989) e SANTOS & GALVÃO (1989), a Mancha Parda e a Escaldadura são mais prejudiciais a partir da fase de emborrachamento comprometendo o desenvolvimento normal da cultura causando manchas e esterilidade, levando a prejuízos na produção.

As condições ambientais especialmente temperatura, umidade, luz e nutrientes afetam de maneira significativa o desenvolvimento das doenças, influenciando no crescimento e/ou susceptibilidade do hospedeiro, na multiplicação e/ou atividade do patógeno e na interação desses efeitos (VILLARRAGA & ANDRADE, 1982). O manejo d'água quando não acompanhado de um correto manejo de fertilizantes pode muitas vezes levar à absorção em nível tóxico de Fe e Mn reduzidos, na fase de emborrachamento, fase mais propícia para o desenvolvimento de alguns patógenos (VERMA & MINHAS, 1989). O desequilíbrio nutricional também pode ser provocado pela adubação com altas doses de fósforo ou nitrogênio, que causam aumento da incidência das doenças e consequentemente provocam queda no peso da matéria seca da parte aérea (Kosawa, 1965, citado por SOAVE et alii, 1977 e PRABHU & BEDENDO, 1982). Segundo OU (1987), a ocorrência de doenças como mancha parda e escaldadura é resultado direto do desequilíbrio nutricional ou de fatores indiretos que levam a planta de arroz a este estado.

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Caracterização geral do experimento

Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, em Lavras, no sul do estado de Minas Gerais a 21°14' de Latitude Sul e 45°00' de Longitude Oeste numa altitude de 900 m, no período de setembro de 1991 a março de 1992.

Foram utilizados tres solos hidromórficos : glei pouco húmico (HGP), glei húmico (HGH) e orgânico (HO), com caracterização física e química mostradas nos quadros 2 e 3. Os três solos foram coletados, na camada de 0 - 20 cm em áreas de cultivo rizícola da estação experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), situada no municipio de Lambari. As características químicas e físicas dos três solos foram determinadas segundo VETTORI (1969) e EMBRAPA (1979).

A cultivar empregada foi MG-1, indicada para áreas irrigadas em Minas Gerais (Quadro 4).

3.2. Tratamentos e Delineamento experimental

Os tratamentos constaram da aplicação de quatro doses de fósforo:

P₀ - Testemunha (s/ adubação fosfatada);

P₁ - 100 mg de P₂O₅ . Kg⁻¹ de solo;

P₂ - 200 mg de P₂O₅ . Kg⁻¹ de solo e

P₃ - 400 mg de P₂O₅ . Kg⁻¹ de solo na forma de superfosfato triplo
(Ca(H₂PO₄)₂ . H₂O).

Quadro 02 - Características químicas dos solos estudados

Características químicas	Solos		
	H G P	H G H	H O
pH em água	5,5	5,6	5,3
P (ppm)	24	60	6
K (ppm)	87	73	92
Ca (meq/100cc)	3,2	3,8	8,1
Mg (meq/100cc)	1,2	1,4	1,8
Al (meq/100cc)	0,3	0,6	0,9
H + Al (meq/100cc)	6,3	7,0	12,3
Zn (ppm)	5,6	1,7	0,1
Fe (ppm)	538,2	141,5	65,6
Mn (ppm)	75,9	23,3	10,7
S (meq/100cc)	4,6	5,4	10,1
T (meq/100cc)	10,9	12,4	22,4
m (%)	6,0	10,0	8,0
V (%)	42	43	45
Matéria orgânica (%)	4,0	4,6	10,6

S = soma de bases trocáveis

m = saturação de Al da CTC efetiva

T = CTC a pH 7

V = saturação de bases da CTC a pH 7

Quadro 03 - Características físicas dos solos estudados

Características físicas	Solos		
	H G P	H G H	H O
Areia (%)	46	36	24
Silte (%)	30	41	51
Argila (%)	24	23	25
Ds (g/cc)	0,94	0,93	0,66
Dp (g/cc)	2,41	2,55	2,10
VTP (%)	61,0	63,5	68,5

Ds = densidade do solo

Dp = densidade de partículas

VTP = volume total de poros

Trabalhou-se com três níveis de água:

I₁ - 70% do VTP (Volume Total de Poros);

I₂ - 100% do VTP ou saturação do solo e

I₃ - Submersão do solo (lâmina de 5 ± 1 cm), indicada por GUIMARÃES et alii (1974).

Quadro 04 - Descrição da cultivar MG - 1

Características	" M G - 1 "
Ciclo de Maturação (dias)	130 a 145
Floração (dias)	90 a 115
Altura das plantas (cm)	85 a 100
Porte	Baixo a Médio
Perfilhamento	Otimo
Tamanho Médio da Panícula (cm)	25
Tipo de grão	Longo, Fino
Peso de 100 Grãos (g)	3,06
Resistência às Doenças	
Brusone	Resistente
Mancha-parda	Moderadamente suscetível
Mancha-estreita	Moderadamente suscetível

Fonte : EPAMIG(s.d.)

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4, sendo os fatores níveis de água (3) e níveis de fósforo (4) com três repetições para cada tipo de solo, perfazendo um total de 36 parcelas para cada tipo de solo. Os solos foram estudados separadamente.

3.3. Condução do experimento

Após seco, destorroado e peneirado em malha de 4 mm, os solos foram incubados com calcário calcinado, com doses determinadas pelo método de saturação de bases, necessário para elevar a porcentagem de saturação de bases (%V) a 50%, segundo recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989). O calcário aplicado continha 40% de CaO, 15% de MgO e PRNT de 90%. A incubação foi conduzida durante 30 dias com umidade próximo à capacidade de campo.

Como adubação básica foi aplicado 300 mg de $N.Kg^{-1}$ de solo como uréia, 240 mg de $K.Kg^{-1}$ de solo como KCl, 0,5 mg de $B.Kg^{-1}$ de solo como bórax, 0,1 mg de $Mo.Kg^{-1}$ de solo como molibdato de amônio, 5,0 mg de $Zn.Kg^{-1}$ de solo na forma de sulfato de zinco e 1,5 mg de $Cu.Kg^{-1}$ de solo na forma de sulfato de cobre. A adubação nitrogenada foi parcelada em três vezes (plantio, perfilhamento e emborrachamento), segundo LOPES & ABREU (1988). A adubação básica foi aplicada em forma de solução em vasos com capacidade de 6 litros, onde foram semeadas 12 sementes por vaso a 4 cm de profundidade, previamente tratadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% para evitar o ataque de pragas e doenças. Quinze dias após a emergência foi efetuado o desbaste deixando as três melhores plantas/vaso (FAGERIA et alii, 1982).

Os vasos foram inicialmente mantidos com umidade equivalente a 70% do VTP (volume total de poros), durante os primeiros quinze dias para garantir uma boa germinação e desenvolvimento uniforme das plantas, e só a partir desta época é que foi colocada água conforme os tratamentos.

Os volumes de água correspondentes aos tratamentos de níveis de água foram determinadas conforme cálculo de densidade aparente do solo, densidade de partículas (BLAKE, 1965) e volume total de poros (VOMOCIL, 1965), calculado a partir da expressão $VTP = 100 [1 - (D_s / D_p)]$. Os níveis de umidade foram controlados através de leituras diárias de evapotranspiração em sistema de irrigação adaptado para as condições do experimento baseado no princípio de Mariotte. A frequência das leituras diárias aumentava à medida que as plantas cresciam e consequentemente elevavam-se as perdas por evapotranspiração. Com o passar do tempo, em função da diferenciação do desenvolvimento da cultura provocadas pelos tratamentos de adubação fosfatada e níveis de água, os vasos passaram a ser pesados, com uma frequência de até três vezes ao dia, objetivando diminuir as variações em termos de necessidade de água nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, e assim uniformizar a disponibilidade de água, mantendo a umidade desejada conforme os tratamentos, durante a duração do experimento.

A partir da fase de emborrachamento foram feitas pulverizações quinzenais com o fungicida Dithane (etilenobisditiocarbamato de manganês e íon zinco) na dose de 200 g/100 litros no sentido de impedir o desenvolvimento de Mancha parda e Escaldadura na parte aérea e posteriormente na panícula. Na fase de emborrachamento da cultura, foram feitas avaliações do grau de infecção dessas doenças através da aplicação de uma escala de notas baseadas na porcentagem de área foliar afetada (0=ausência de lesões; 1=menos de 1%; 3=1 a 5%; 5=5 a 25%; 7=25 a 50% e 9=mais de 50%). O Índice de Doença (ID) foi calculado

segundo EMBRAPA (1977), com leitura de notas em 10 perfilhos por parcela, através da fórmula:

$$ID = \sum \frac{(\text{Valor da nota} \times \text{frequência})}{\text{N}^\circ \text{ de observações}}$$

A colheita foi realizada ao final do ciclo da cultura quando então foi cortada a parte aérea rente ao solo, separando a panícula da palha (folhas + colmo). Para o sistema radicular a colheita se deu depois do solo seco e tamizado. A raiz e parte aérea foram lavadas com água corrente e desmineralizada, em seguida acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com ventilação forçada a 65-70°C até manutenção do peso constante. O material foi passado em moinho tipo Wiley, provido de facas e peneiras de 20 malhas por polegada, de aço inoxidável e acondicionado em frascos de vidro para posterior análise.

3.4. Análises químicas

Amostras de material seco da palha (folha + colmo) e grãos, foram levados à digestão com ácido nitro-perclórico para macro e micronutrientes com exceção do boro que foi extraído por via seca, segundo MALAVOLTA et alii (1989) na proporção de 20 ml de HNO_3 e 2 ml HClO_4 . As concentrações de Ca, Mg, Zn, Fe, e Mn foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica; K por fotometria de chama; fósforo determinado por colorimetria usando vanadato-molibdato; S por turbidimetria e N pelo método micro Kjeldahl.

Após a colheita do arroz foram coletadas amostras (50 g/vaso) dos solos e em seguida foram secadas, destorroadas e peneiradas para determinação dos teores dos nutrientes nos demais tratamentos, segundo VETTORI (1969). O pH (H_2O), acidez potencial

(H + Al) Ca, Mg e Al foram extraídos pelo KCl 1,0N. Para extração de P, K, Fe, Mn e Zn usou-se o método de Melich, através da agitação de 10 g de TFSA por 5 minutos, com 100 ml de HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N, filtragem da suspensão e determinação colorimétrica do fósforo pelo método azul de molibdato (EMBRAPA, 1979).

3.5. Parâmetros avaliados

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- nº de perfilhos/planta;
- peso da matéria seca da palha (folhas + colmo);
- peso da matéria seca da raiz;
- peso da matéria seca total de grãos;
- teor de macro e micronutrientes na palha (folha + colmo);
- teor de macro e micronutrientes no grão;
- teores de macro e micronutrientes nos solos estudados e
- severidade de Mancha parda e Escaldadura

3.6. Análise estatística dos dados.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, segundo delineamento inteiramente casualizado sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 1 e 5% de probabilidade, tendo sido feita também análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito dos tratamentos sobre o teor de macro e micronutrientes no solo

4.1.1. Fósforo

Apesar dos níveis de fósforo nos solos HGP (glei pouco húmico) e HGH (glei húmico) terem se mostrado altos nas análises anteriores ao plantio (Quadro 2), notou-se uma resposta linear crescente para a adubação fosfatada isoladamente (Figura 1), evidenciando o fato de que a liberação do fósforo provocada pelos processos de redução não foram suficientes para mostrar diferenças significativas nos tratamentos de níveis de água, sendo então mascarados pela adubação crescente de fósforo provavelmente resultante de uma possível reprecipitação do fósforo disponível, pelo excesso de ferro e manganês solúvel da solução do solo (SAVANT & ELLIS JUNIOR, 1964, e PATRICK JUNIOR & MAHAPATRA, 1968).

Para o solo orgânico a interação água X fósforo se mostrou eficiente, provavelmente em consequência do baixo nível inicial de fósforo no solo, mostrando efeito linear crescente para os três níveis de umidade, embora com uma diferença inicial muito pequena para o tratamento sem fósforo, indicando uma baixa mineralização do fósforo orgânico do solo neste tratamento. O tratamento com 70% do VTP (volume total de poros) ocupados por água apresentou maiores respostas à adubação fosfatada (Figura 1), refletindo

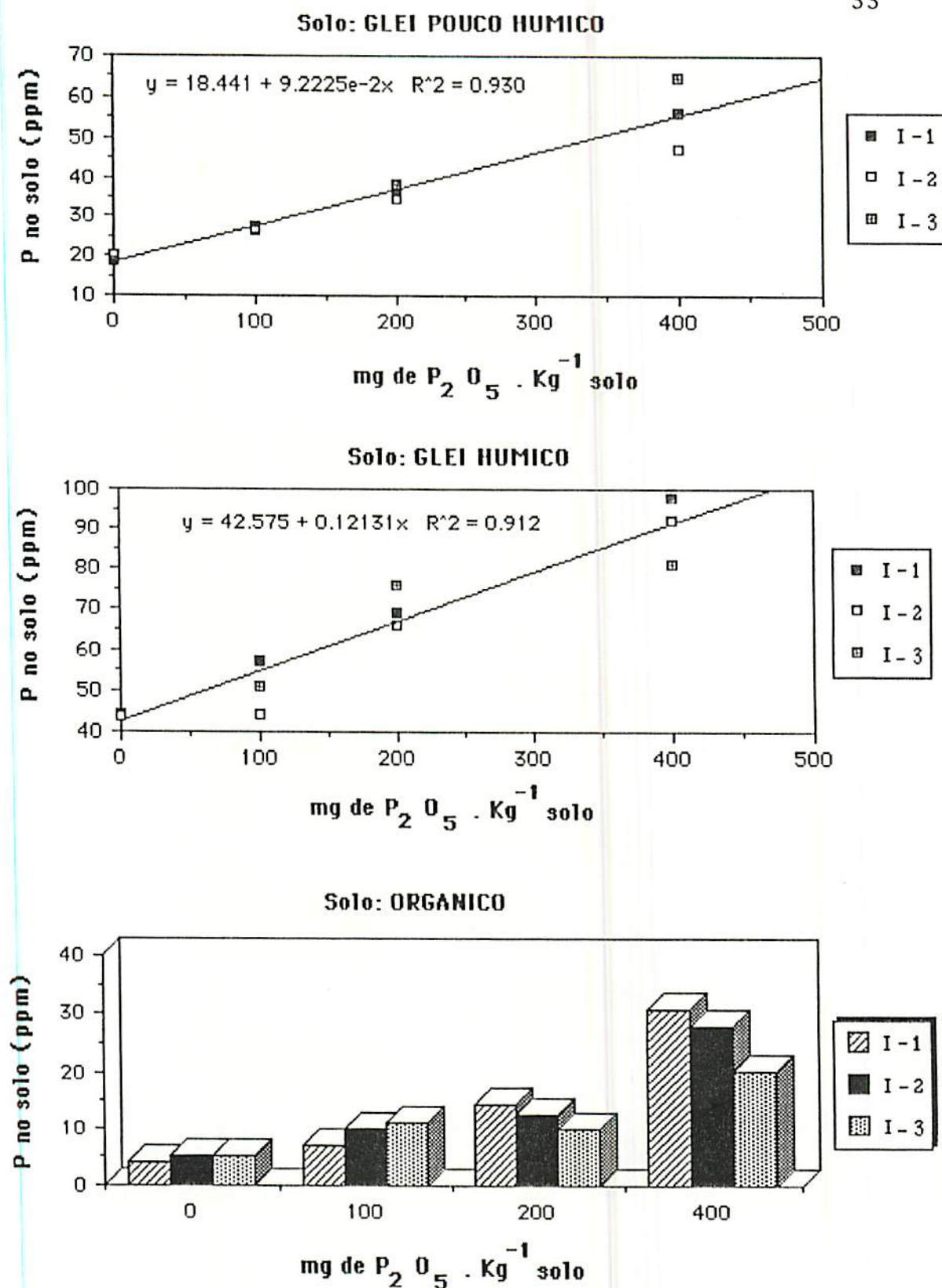


Figura 1 - Teor de fósforo no solo em três solos de várzea cultivos com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

uma possível fixação do fósforo aplicado pelo ferro ou manganês livres na solução do solo, nos níveis de irrigação de saturação e submersão do solo (SAVANT & ELLIS JUNIOR, 1964).

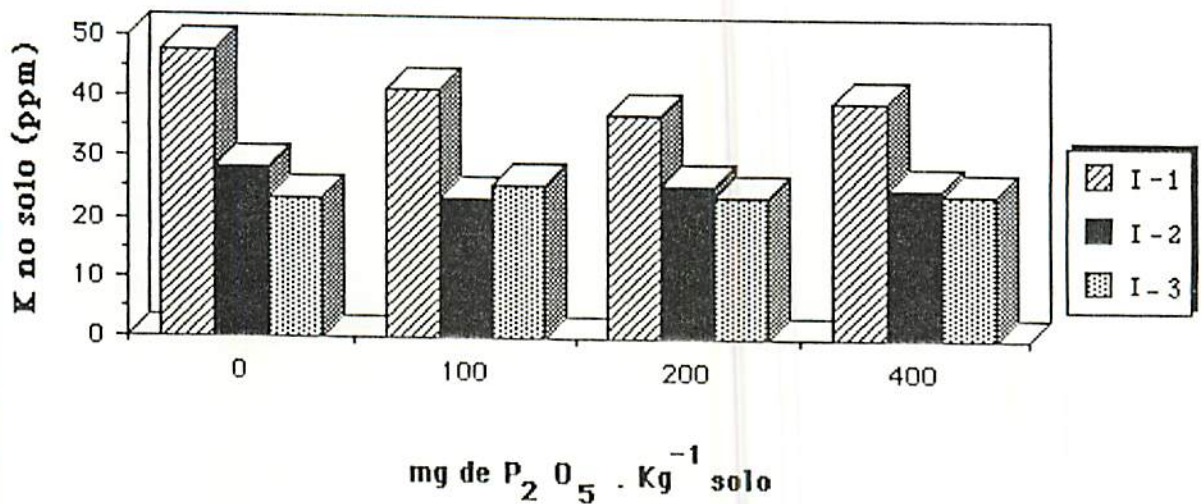
4.1.2. Potássio

As altas concentrações de ferro e manganês reduzidos presentes na solução do solo, deslocaram quantidades consideráveis de potássio dos sítios de troca (PONNAMPERUMA, 1972), fazendo com que a planta absorvesse mais potássio diminuindo então a concentração do elemento no solo. Tal fato pôde ser constatado pela maior quantidade do nutriente encontrada no nível de 70% do VTP ocupados por água para os solos HGP e HGH (Figura 2), quando comparado com os outros dois níveis de maior disponibilidade d'água. Embora o solo tenha apresentado teores iniciais elevados como também tenha sido acrescentado potássio via adubação no plantio e em cobertura, os baixos níveis do elemento encontrados no solo após a colheita refletem a grande quantidade do nutriente que é extraído e exportado pelo arroz (MALAVOLTA, 1980).

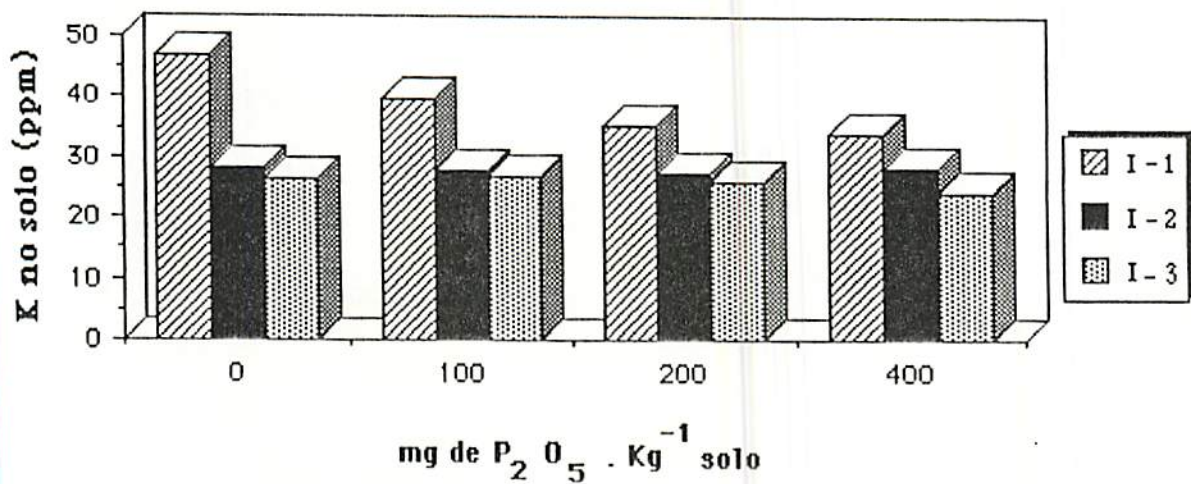
No solo orgânico observou-se efeito da interação água fósforo somente para o tratamento sem adubação fosfatada que mostrou um teor elevado de potássio nos três níveis de irrigação, demonstrando que na ausência de fósforo não houve a interação dos elementos, benéfica para a planta (DE DATTA & GOMEZ, 1975). O nível de saturação do solo se destacou em função da liberação de potássio ocorrida dos sítios de troca, porém não absorvido pela planta em consequência do pouco crescimento da cultura na ausência de adubação fosfatada.

4.1.3. Ferro

O alto teor de ferro inicial nos solos HGP e HGH, principalmente no primeiro (Quadro 2), aliado ao aumento da sua disponibilidade em função dos processos redutivos



Solo: GLEI HUMICO



Solo: ORGANICO

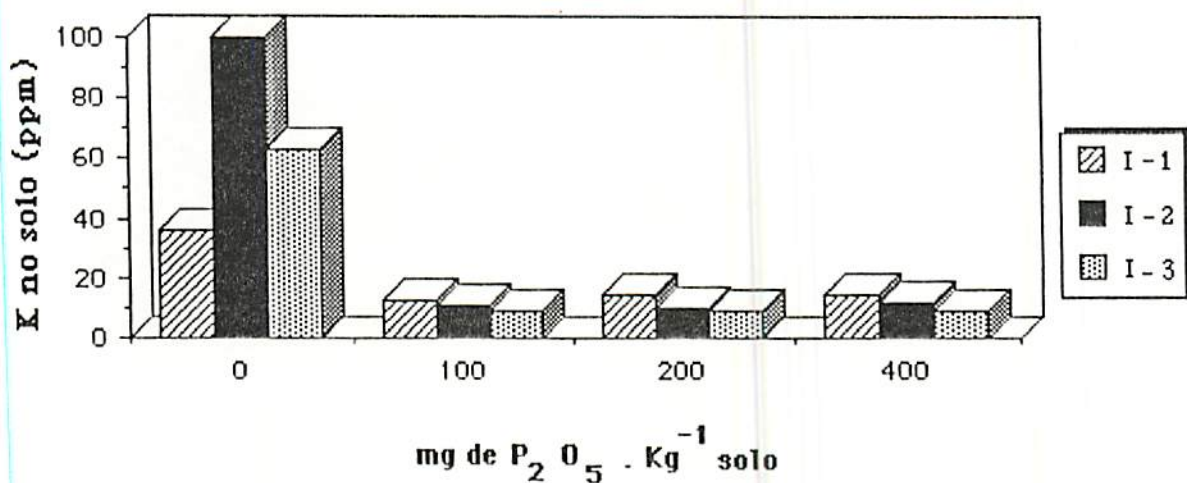


Figura 2 - Teor de potássio no solo em três solos de várzea cultivos com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

(MALAVOLTA, 1980) refletem as grandes quantidades deste elemento encontradas no solo após a colheita do arroz. Ficou evidenciado que o aumento da umidade nos vasos aumentou acentuadamente a quantidade do nutriente disponível para as plantas (YOSHIDA, 1981), causando desequilíbrio nutricional e conseqüentemente toxidez. Observou-se no solo HGP desorção do fósforo para o nível de submersão do solo, como também o processo de adsorção de fósforo (MANDAL & DAS, 1970) com a diminuição da umidade do solo, mais precisamente no nível de 70% do VTP (Figura 3).

Embora também apresentando aumento do teor de ferro no solo com o aumento do volume d'água, o solo orgânico não mostrou níveis tão altos do elemento, como os demais solos (Tabela 3A), provavelmente em função do teor inicial baixo, e do poder tampão que exerce a matéria orgânica em relação às mudanças de pH, diminuindo a intensidade dos processos de redução, como também em função do deslocamento do ferro pelo fósforo em alta concentração no solo e no nível de 70% do VTP ocupados por água (MANDAL & HALDAR, 1980).

4.1.4. Manganês

O manganês mostrou um comportamento semelhante ao ferro no que diz respeito ao aumento da sua disponibilidade para a planta com o aumento da umidade do solo (SANCHEZ, 1976), com destaque para o solo HGP que apresentou menores níveis de manganês no tratamento de 70% do VTP sem diferença significativa para as doses de fósforo. O solo HGH que apresentou um teor inicial de manganês do solo bem inferior ao solo HGP (Quadro 2), mostrou diferença significativa ao nível de 1%, do solo submerso para os outros níveis de

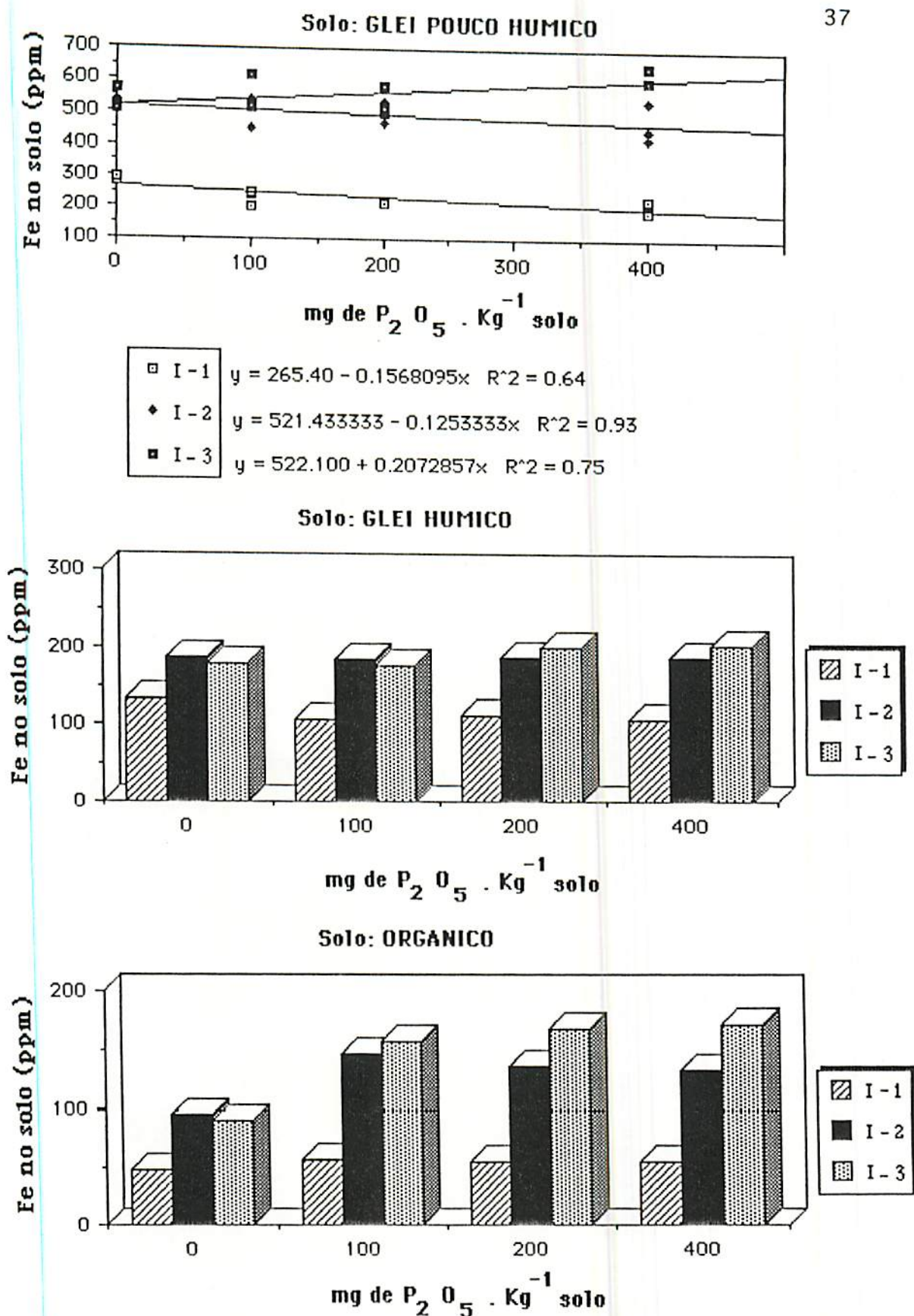


Figura 3 - Teor de ferro no solo em três solos de várzea cultivos com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

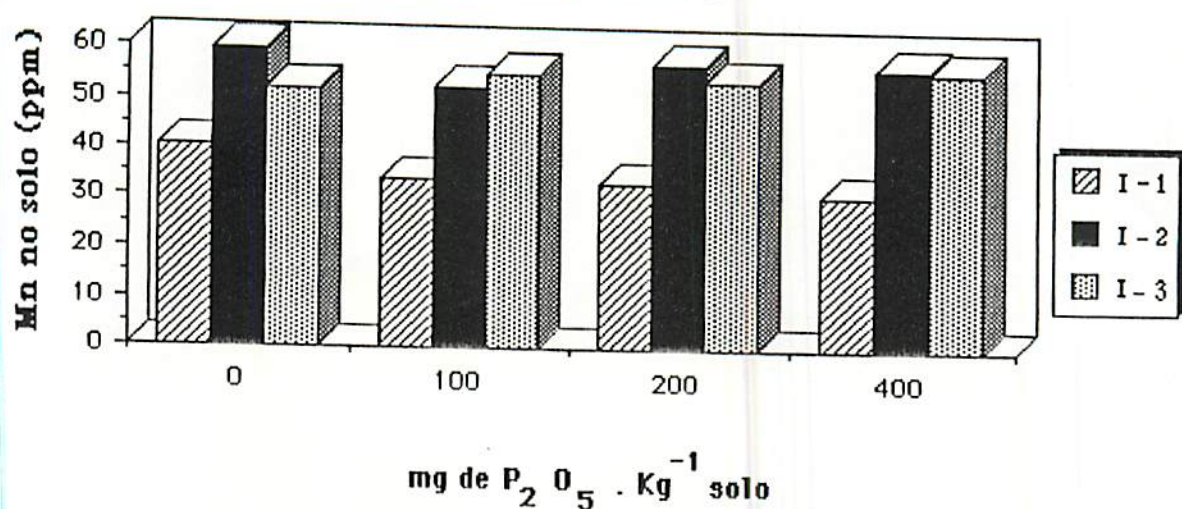
irrigação, dentro das diferentes doses de fósforo, evidenciando um claro efeito do aumento da disponibilidade do manganês no solo quando submetido aos processos de redução. (Figura 4).

Na avaliação do solo orgânico observou-se uma diminuição significativa da disponibilidade do manganês solúvel no solo à medida que se aumentava os níveis de fósforo, através de uma resposta quadrática para os níveis de saturação ($Y = 9,654242 - 0,369712X + 0,00006538X^2$; $r^2 = 0,97$) e submersão ($Y = 8,7978 - 0,0265561X + 0,00005189X^2$; $r^2 = 0,89$) do solo, concordando com MANDAL & HALDAR (1980) que asseguram que doses crescentes de fósforo, promovem a diminuição do manganês extraível devido à sua precipitação como fosfato de manganês (Tabela 4A).

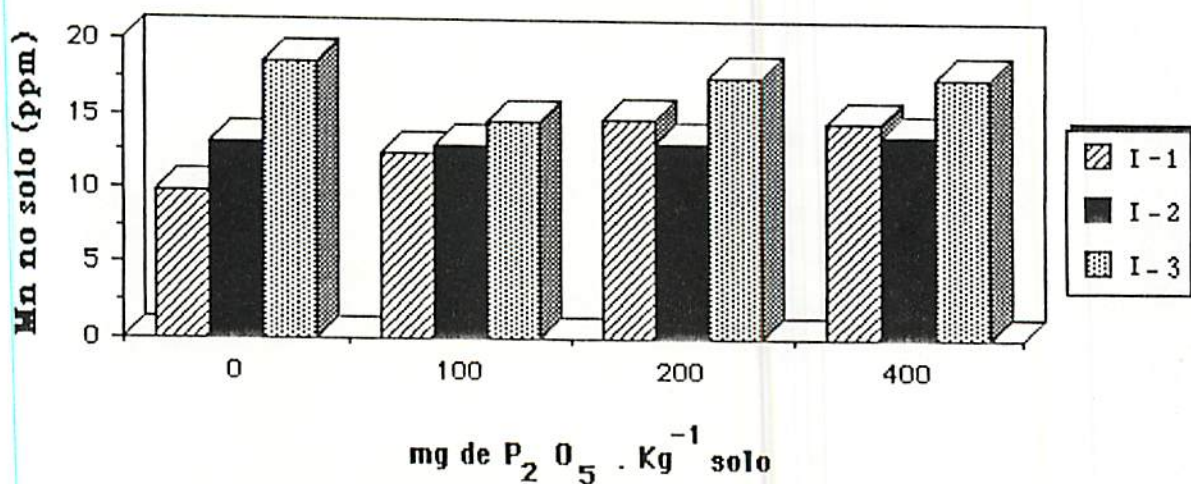
4.1.5. Zinco

Os dados relativos a zinco nos solos HGP e HGH não mostraram respostas significativas aos fatores água e fósforo estudados (Figura 5), possivelmente em decorrência dos teores iniciais de zinco no solo, bem como a adição na forma de sulfato de zinco na adubação básica suficientes para atender as necessidades da planta (SINGH & SINGH, 1980).

Na avaliação do micronutriente no solo orgânico, a inibição competitiva entre o fósforo e o zinco ficou evidenciada pela resposta quadrática ($Y = 4,052929 - 0,0076646X + 0,00001354X^2$; $r^2 = 0,75$) ao aumento das doses de fósforo (ALAN & AZMI, 1989). Mesmo ocorrendo diferença significativa entre os níveis de água a nível de 5%, com uma pequena vantagem para a saturação do solo, o fato não caracterizou superioridade sobre os demais tratamentos (Tabela 5A).



Solo: GLEI HUMICO



Solo: ORGANICO

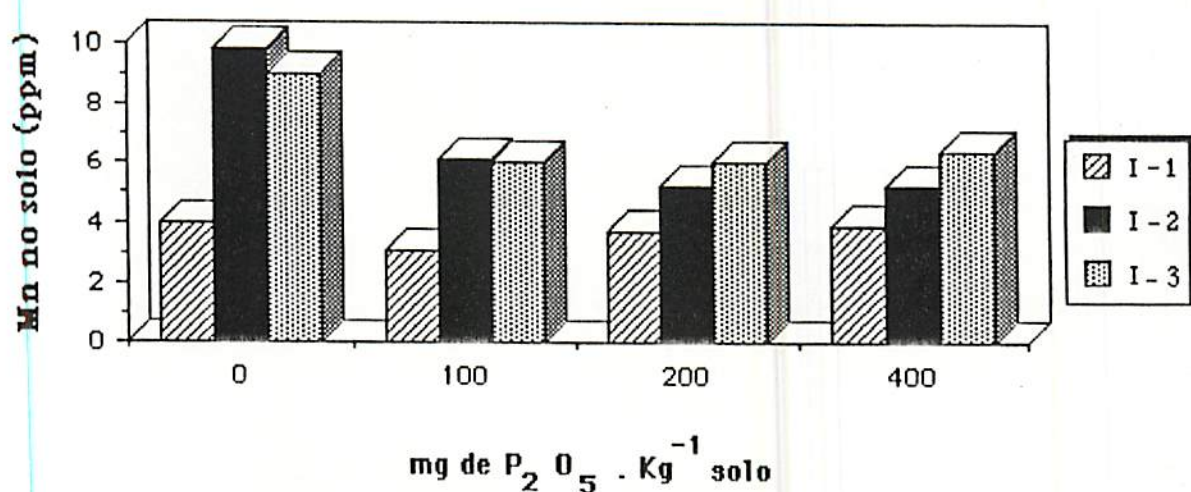


Figura 4 - Teor de manganês no solo em três solos de várzea cultivos com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

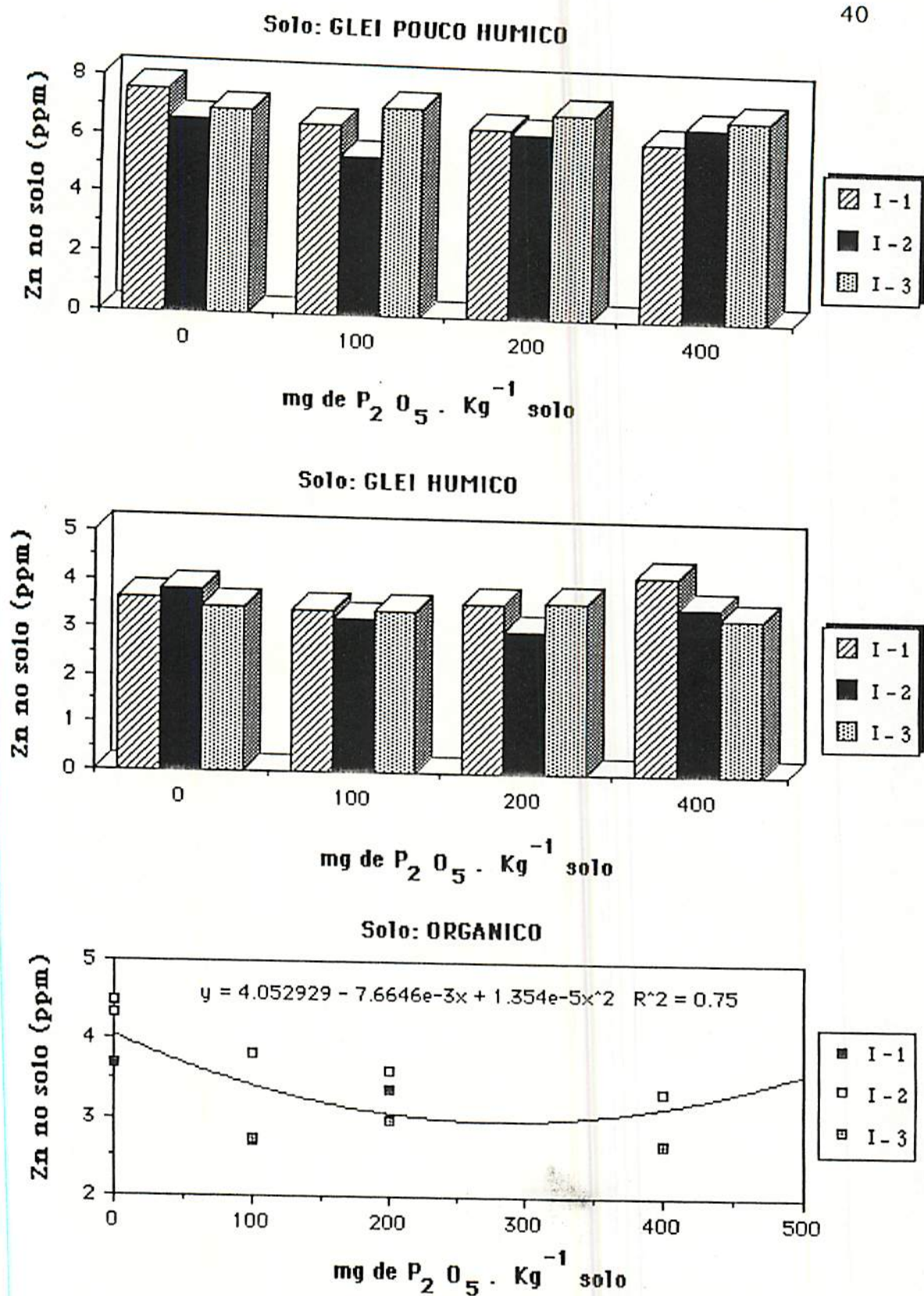


Figura 5 - Teor de zinco no solo em três solos de várzea cultivos com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

4.1.6. Alumínio

Ocorreram teores mais altos de alumínio à medida que se aumentou o nível de água para as plantas, sendo explicado pela ocorrência da liberação do fósforo adsorvido ao alumínio, provocada pela inundação. Foi encontrada uma variação mínima dentro da interação água x fósforo em todos os tratamentos para o solo HGP, sem significado prático detectado pelo método de extração (Figura 6).

O solo HGH embora tenha mostrado a tendência de mais alumínio com maior disponibilidade d'água apresentou uma resposta linear decrescente ($Y = 0.55333 - 0.0002413X$; $r^2=0.89$) do alumínio no solo à medida que se aumentava a adubação fosfatada caracterizando complexação do fósforo pelo alumínio (Figura 6). Mesmo para o solo orgânico em que o teor inicial de alumínio no solo era considerado alto e os efeitos do aumento da umidade não se evidenciaram claramente, os níveis de alumínio baixaram para valores não tóxicos (Tabela 6A) (FAGERIA et alii, 1977), provavelmente também complexados com o fósforo ou enxofre.

4.2. Teor de nutrientes na palha (folha + colmo) e grãos.

4.2.1. Nitrogênio

Embora o teor de nitrogênio na palha e grãos tenha se mostrado baixo, explicado pelo fato da análise ter sido feita no final do ciclo, (YOSHIDA, 1981), foi constatado de uma forma generalizada para os três solos estudados um aumento no teor do nutriente com o aumento da disponibilidade d'água para a planta (FAGERIA, 1984). Na avaliação do solo HGP (Tabela 7A), notou-se o efeito exclusivo do fator umidade do solo, com predominância para

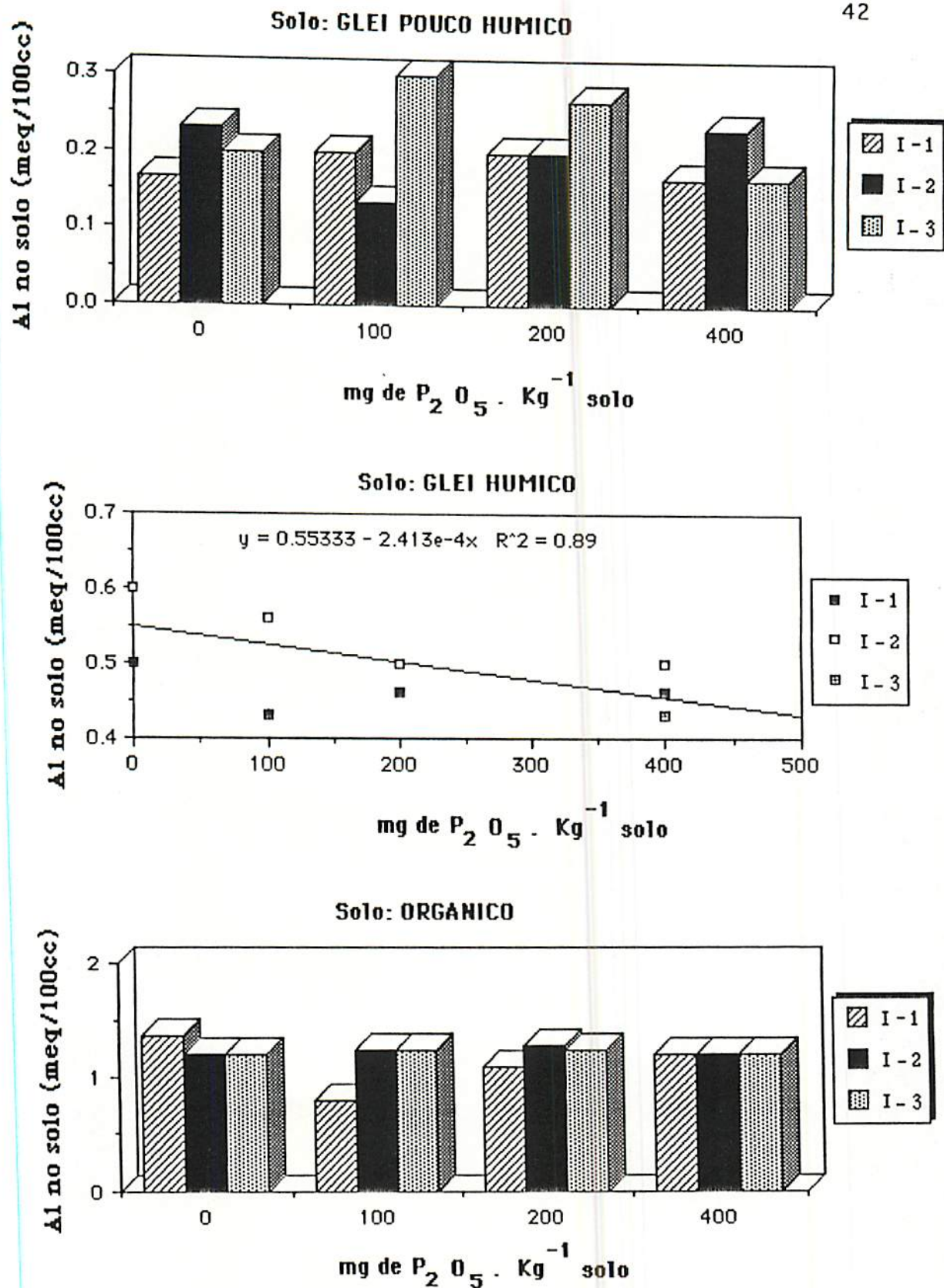


Figura 6 - Teor de alumínio no solo em três solos de várzea cultivos com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

os tratamentos com o solo submerso já que o transporte do nutriente se dá predominantemente por fluxo de massa (SCALCO, 1983). No solo HGH, mesmo com uma resposta quadrática ($Y=0.548872 - 0.0006979X + 0.00000156X^2$ $r^2=0.88$) à adubação fosfatada, houve efeito de diluição mostrado pelas diferenças mínimas do ponto de vista nutricional entre os resultados apresentados. Tal efeito de diluição também foi observado para o solo orgânico (Figura 7)

O teor de nitrogênio nos grãos se mostrou maior do que na palha, concordando com MALAVOLTA (1980) e GONZALEZ (1984) (Tabela 8A). Para o solo HGH, constatou-se maior translocação de nitrogênio em solo saturado (WALLIHAM et alii, 1974), sem efeito da adubação fosfatada até a dose de 247 mg de $P_2O_5 \cdot kg^{-1}$ de solo. O solo orgânico não apresentou diferenças significativas em relação aos fatores estudados, provavelmente em decorrência do nitrogênio adicionado ao solo através da adubação básica e coberturas, suficientes para atender à demanda da planta pelo nutriente, podendo ser constatado pelas mínimas diferenças encontradas nos resultados apresentados, mesmo que estatisticamente significativas, mas sem consequências do ponto de vista prático.

4.2.2. Fósforo

O alto teor inicial de fósforo no solo, aliado a submersão, foram os fatores que mais concorreram para a presença de altos teores de fósforo na palha para os solos HGP e HGH, já que nestas condições mais fósforo se tornou disponível à planta na solução do solo (BORA & GOSWAMI, 1980 e MOTTA, 1988). No solo HGH observou-se uma resposta linear crescente da adubação fosfatada nos níveis de submersão e saturação do solo com água (MOURA FILHO, 1990), porém um efeito de diluição para o nível de 70% do VTP (Figura 8).

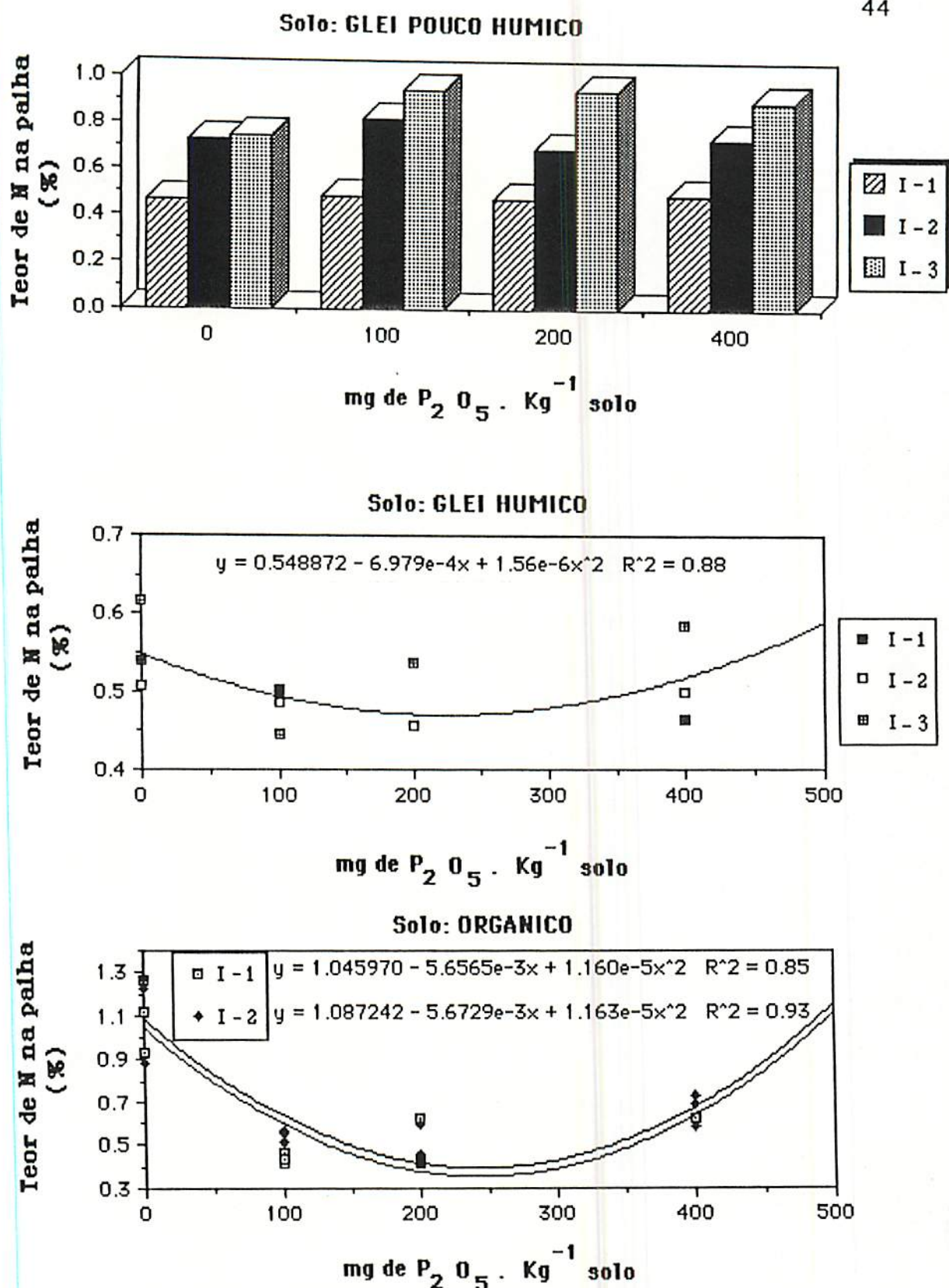
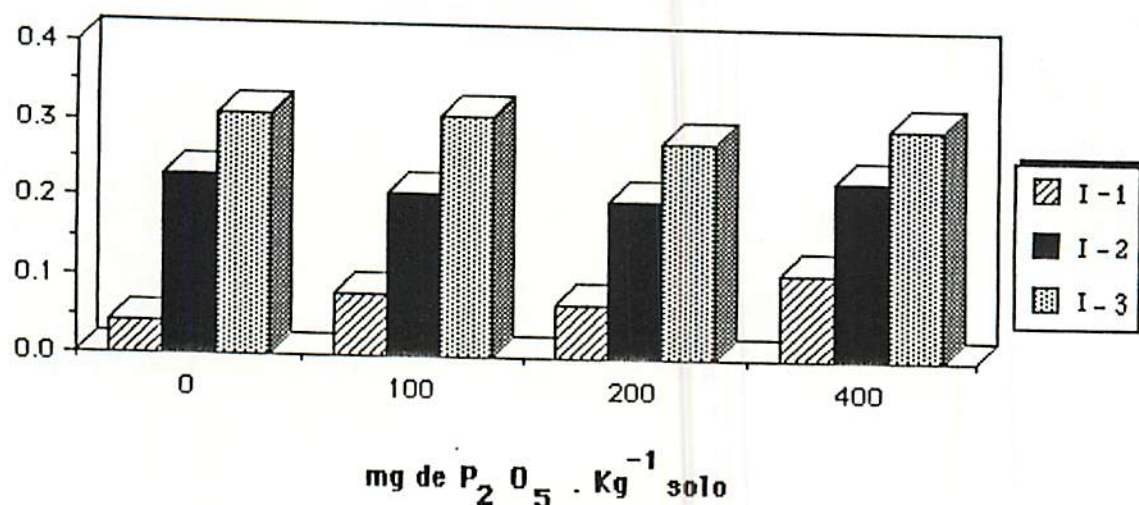


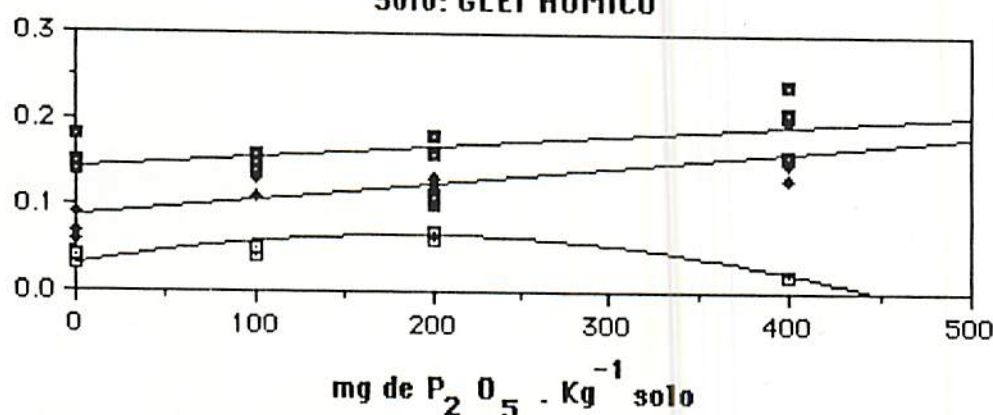
Figura 7 - Teor de nitrogênio na palha(folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Teor de P na palha (%)



Teor de P na palha (%)

Solo: GLEI HUMICO



□ I-1	$y = 3.1121e-2 + 3.6773e-4x - 9.8e-7x^2$ $R^2 = 0.77$
♦ I-2	$y = 8.6000e-2 + 1.895e-4x$ $R^2 = 0.82$
■ I-3	$y = 0.143333 + 1.238e-4x$ $R^2 = 0.67$

Solo: ORGANICO

Teor de P na palha (%)

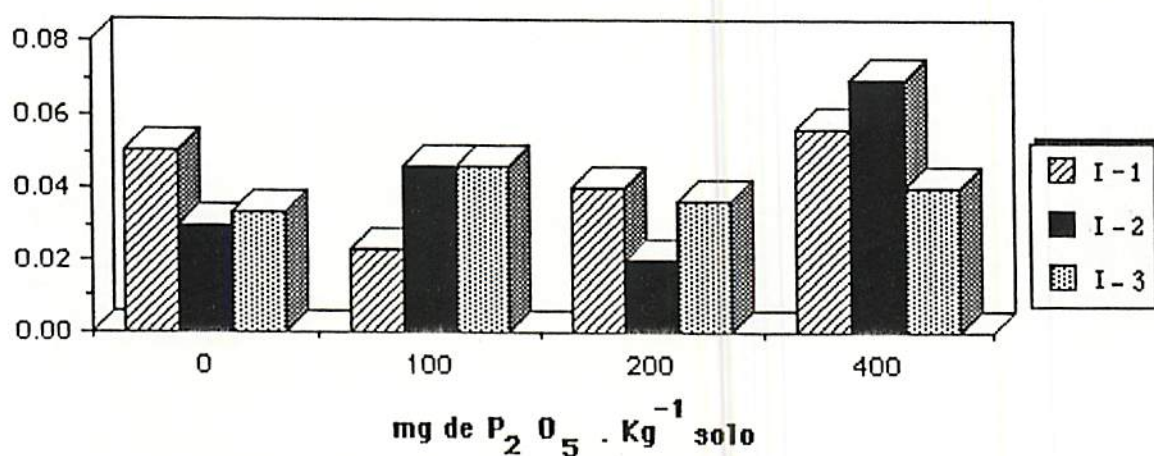


Figura 8 - Teor de fósforo na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

No solo orgânico não se verificou efeito da adubação fosfatada no teor do nutriente na palha, provavelmente em consequência do efeito de diluição, já que a adubação fosfatada promoveu o aumento no peso da matéria seca.

Nos grãos o teor de fósforo foi maior que nas outras partes da planta confirmando MALAVOLTA, (1980) e GONZALEZ, (1984), com teores bem acima do nível crítico. Os fatores estudados não mostraram diferenças significativas para o solo HGP (Tabela 10 A), porém o mesmo não ocorreu para os outros dois solos. O solo HGH mostrou melhores respostas para o fator água em maior disponibilidade (saturação ou submersão) quando comparado com o tratamento de 70% do VTP ocupados por água, porém o solo orgânico confirmou a tendência de resposta à adubação fosfatada, com um efeito quadrático (Figura 9) (LEITE et alii, 1970; FAGERIA et alii, 1981).

4.2.3. Potássio

Os resultados apresentados confirmam a maior translocação do potássio para a palha do que para os grãos (Tabelas 11 A e 12 A), já que 90% do elemento absorvido do solo e proveniente da adição de fertilizantes, permanece na palha e eventualmente regressam ao solo (MALAVOLTA, 1980 & GONZALEZ, 1984). A resposta significativa dos níveis de fósforo mostraram comportamento diferenciado para os três solos estudados, com uma tendência de diminuição da absorção do nutriente com o aumento das doses de fósforo no solo HGP (Figura 10). Para o solo HGH, a maior submersão contribuiu para a diminuição da absorção do potássio pela planta até a dose de $315.4 \text{ mg de } P_2O_5 \cdot \text{kg}^{-1}$ de solo mostrando comportamento bem diferente da interação água X fósforo no nível de 70% do VTP que mostrou absorção de potássio crescente até a dose de $194.39 \text{ mg de } P_2O_5 \cdot \text{kg}^{-1}$ de solo. Os resultados apresentados concordam com TROLLDENIER (1977), que assegura que em solos com excesso de ferro reduzido a absorção de potássio é prejudicada. A diminuição do teor de potássio nas plantas

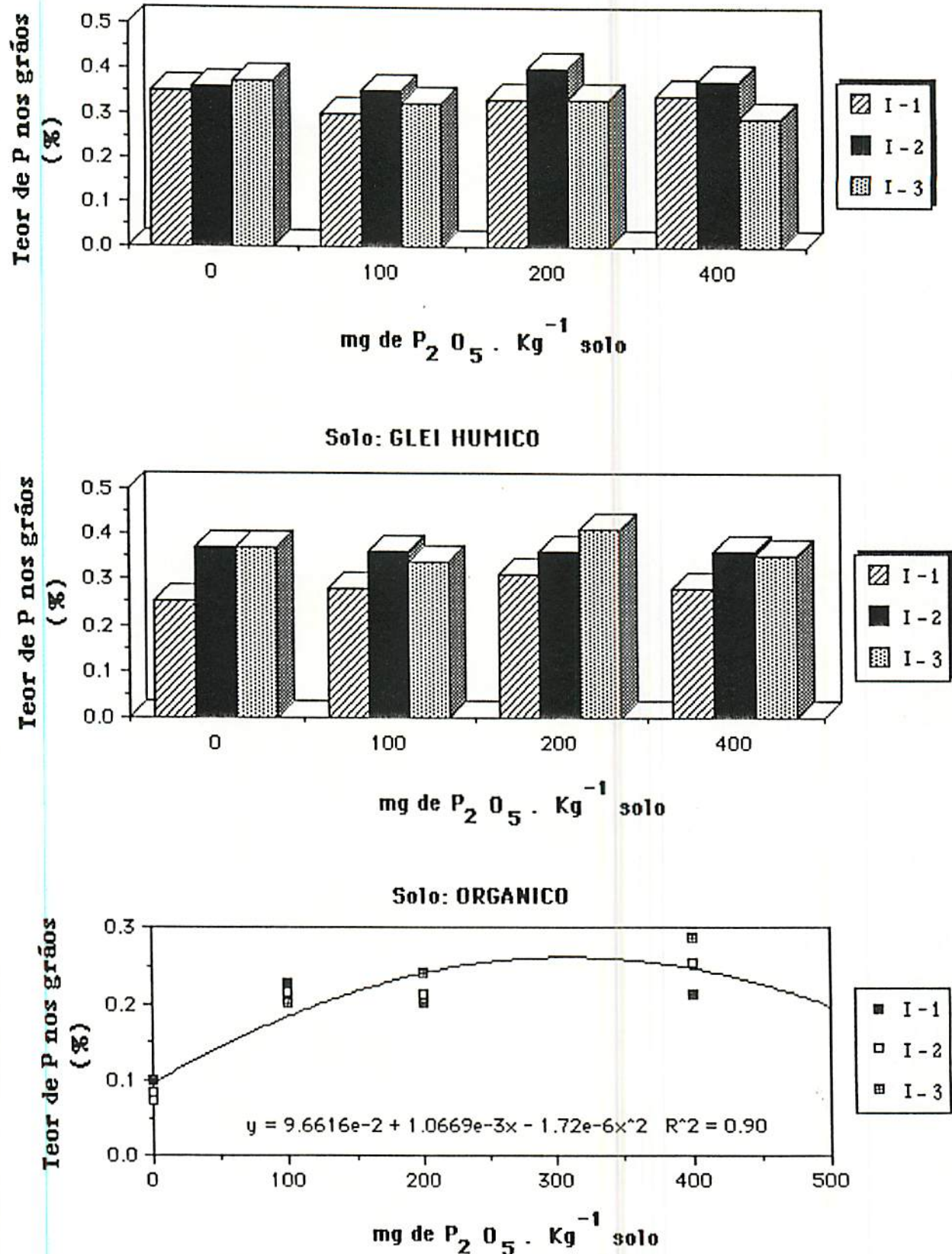
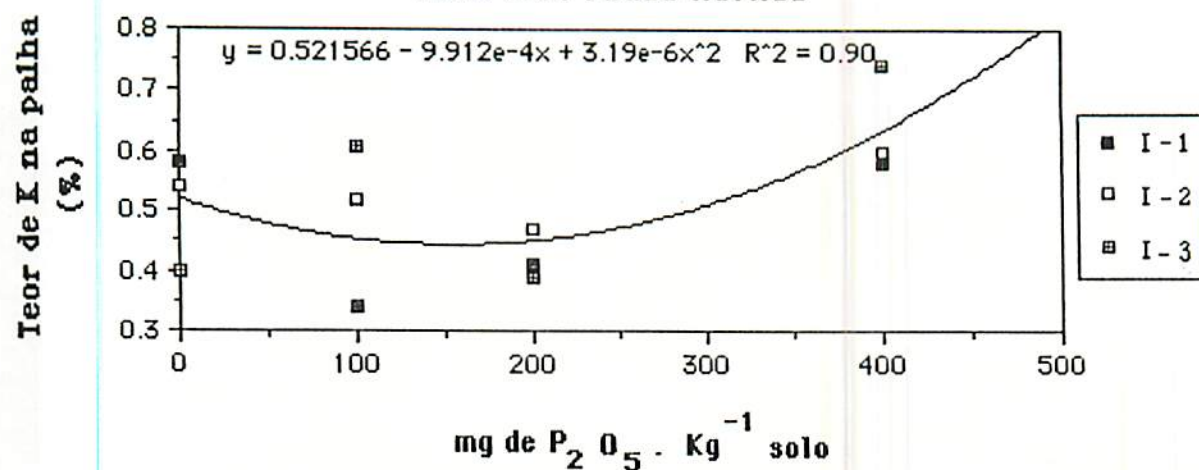
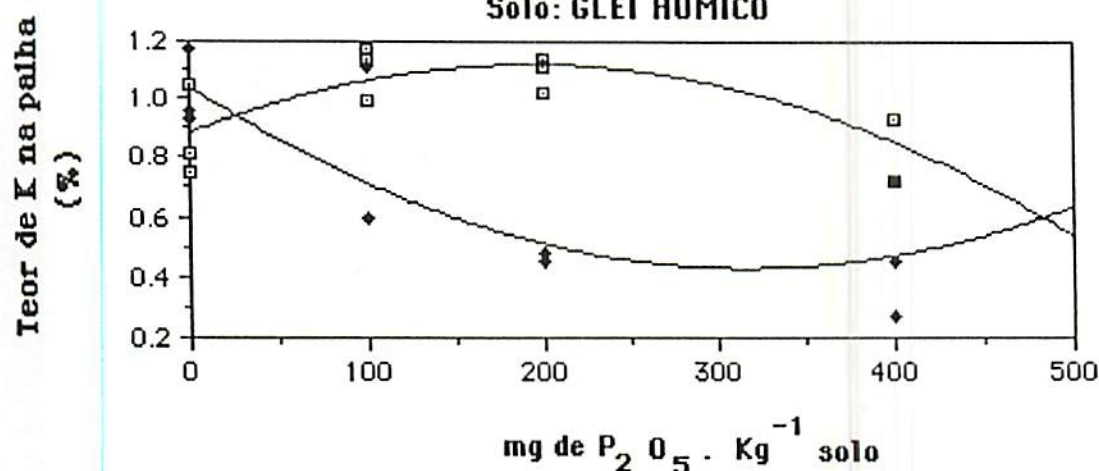


Figura 9 - Teor de fósforo nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Solo: GLEI POUCO HUMICO



Solo: GLEI HUMICO



Solo: ORGANICO

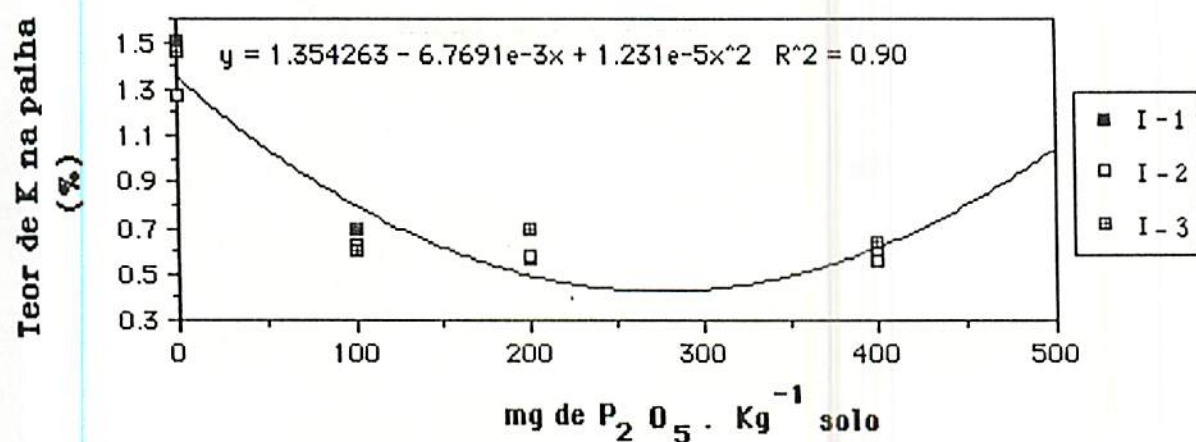


Figura 10 - Teor de potássio na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

cultivadas nos solos submersos, mesmo que inicialmente alto, pode ser explicada pela toxidez do ferro (YOSHIDA, 1981), causando o desbalanço nutricional (YOSHIDA, 1981). Para o nível de 70% de VTP observou-se o efeito sinérgico já conhecido do potássio com o fósforo em razão da baixa concentração de ferro tóxico no solo. No solo orgânico a palha apresentou mais potássio na ausência da adubação fosfatada (Tabela 11A) com uma tendência de resposta quadrática a medida que se aumentou as doses de fósforo. (Figura 10).

Nos grãos não se observaram diferenças expressivas nos teores de potássio para os três solos estudados (Tabela 12 A).

4.2.4. Cálcio e Magnésio

Os níveis de cálcio encontrados na matéria seca da palha, bem acima do nível crítico (YOSHIDA, 1981), refletem a maior disponibilidade de cálcio na solução do solo como consequência da calagem realizada antes do plantio nos três solos. Os dados mostram o fator água predominando sobre o fator fósforo, com destaque para o nível de irrigação de saturação (100% do VTP) no solo glei pouco húmico (Tabela 13 A). O fósforo liberado após a inundação pelos processos redutivos pode ter sido fixado novamente pelo CaCO_3 originado da calagem, formando fosfatos de cálcio de baixa solubilidade não disponível para a planta (SAVANT & ELLIS JÚNIOR, 1964, e GUILHERME et alii, 1989). No solo orgânico, o cálcio adicionado pela calagem e o cálcio resultante do deslocamento para a solução do solo pelo potássio aplicado como fertilizante (FAGERIA, 1984), foi determinante para a presença de um maior teor do nutriente nas plantas cultivadas com maior volume de água no solo. (Tabela 13 A).

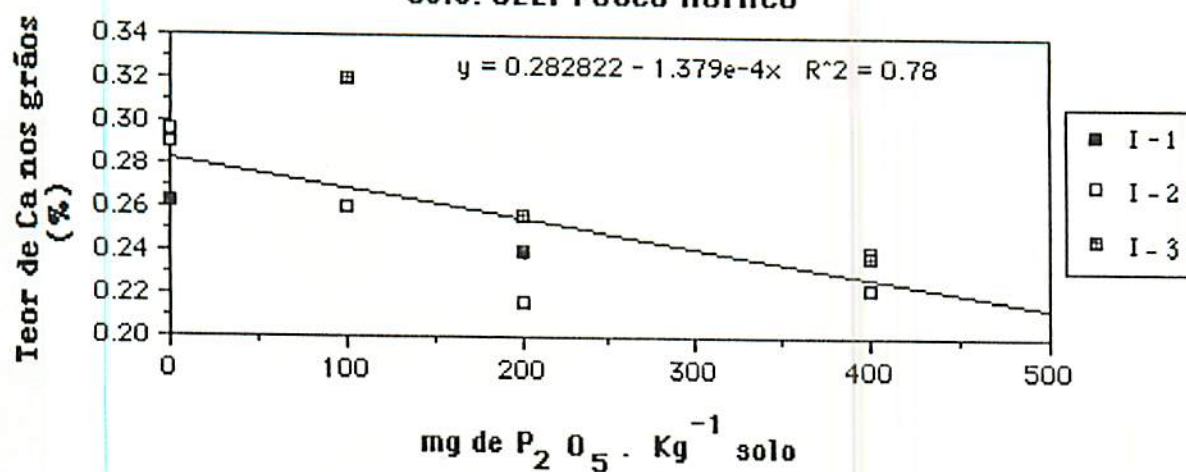
Nos grãos o teor de cálcio se mostrou bem inferior que na palha em função da menor translocação para esta parte da planta (GONZALEZ, 1984) (Tabela 14 A). Os dados

relativos ao solo HGP, mostram uma resposta linear decrescente à adubação fosfatada ($Y = 0.282822 - 0.0001379X$ $r^2=0.78$) caracterizando a fixação do carbonato de cálcio pelo fósforo. No solo HGH o teor de cálcio nos grãos se mostrou maior no tratamento com solo saturado ou submerso em decorrência do aumento da disponibilidade do cálcio deslocado pelo potássio (Figura 11). Em relação ao fator fósforo, a resposta foi linear crescente embora com diferença mínima dentro dos tratamentos. No solo orgânico a resposta foi quadrática com um máximo na dose de 260.0 mg de $P_2O_5.Kg^{-1}$ de solo, porém com uma pequena diferença nos teores de cálcio, não caracterizando variação significativa do ponto de vista prático.

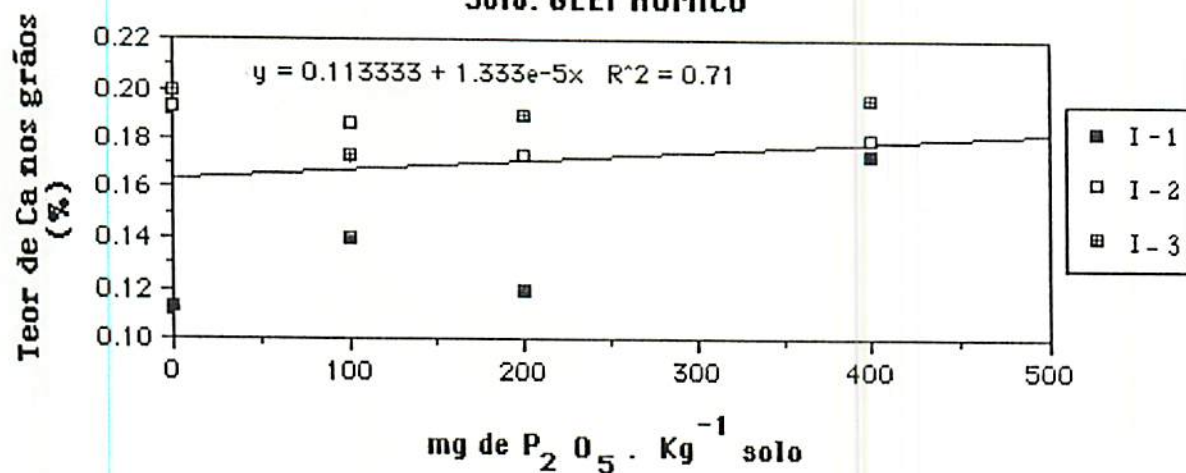
Como o magnésio é translocado das folhas e colmos para os grãos pequena variação foi encontrada nos teores deste nutriente na palha das plantas cultivadas nos solos HGP e HGH (Tabela 15 A). Isto pode ter ocorrido, em decorrência da adição de magnésio via calagem suficiente para atender as necessidades nutricionais da planta, embora a literatura acuse um aumento do magnésio disponível nos solos submersos também deslocados pelo potássio (MORAES & FREIRE, 1974). O efeito sinérgico entre o fósforo e o magnésio pode ser observado no solo orgânico em que o crescente aumento da adubação fosfatada fez aumentar os teores de magnésio na palha até o ponto em que o excesso de fósforo provocou um desbalanço nutricional (Tabela 15 A).

O teor de magnésio nos grãos não mostrou diferença significativa para o solo HGP, provavelmente em decorrência dos distúrbios nutricionais provocados pela toxidez de ferro. Contudo no solo HGH o fator água foi determinante no aumento ou diminuição da absorção do nutriente (Tabela 16 A). No tratamento de 70% o VTP ocupados por água a resposta foi linear crescente com o aumento da adubação fosfatada, evidenciando mais uma vez o efeito sinérgico entre o fósforo e o magnésio. Contudo, no nível de submersão do solo observou-se uma resposta linear decrescente, provavelmente como consequência da elevação do pH e posterior formação de fosfato de magnésio, ficando então indisponível para a planta. O

Solo: GLEI POUCO HUMICO



Solo: GLEI HUMICO



Solo: ORGANICO

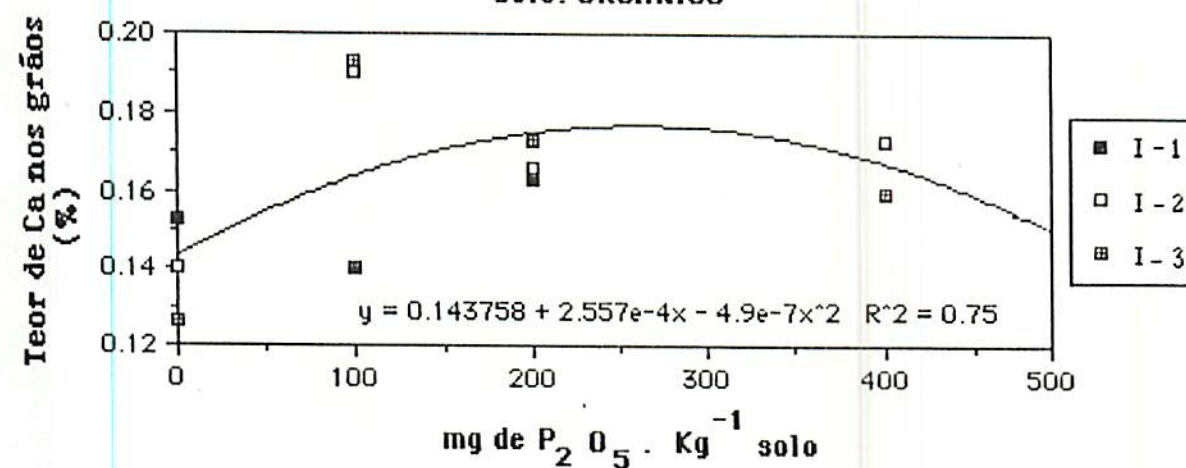


Figura 11 - Teor de cálcio nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

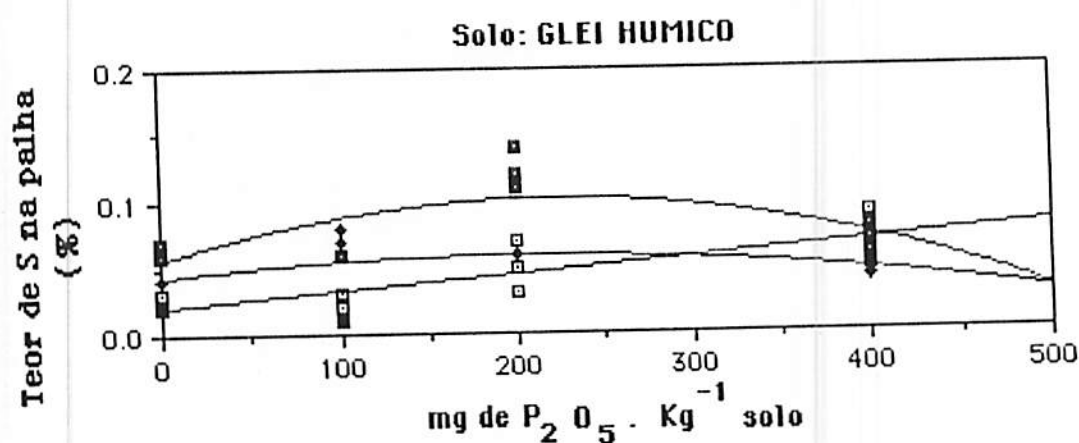
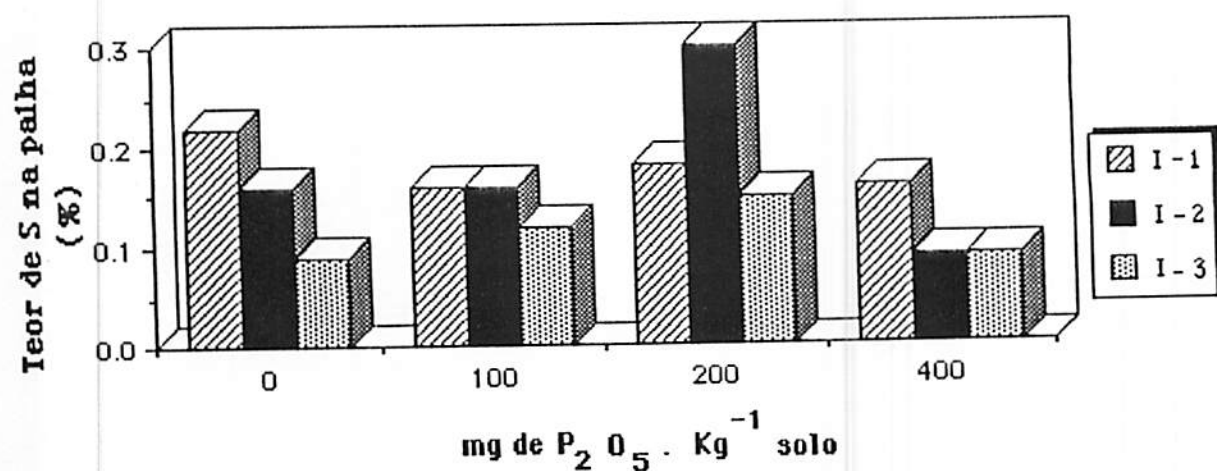
teor de magnésio nos grãos das plantas cultivadas no solo orgânico, se ajustou a um modelo quadrático ($Y = 0.063020 + 0.0004949X - 0.00000076X^2$ $r^2=0.98$) nos tratamentos com fósforo, sendo crescente até a dose de 325,29 mg de $P_2O_5 \cdot kg^{-1}$ de solo. A partir daí foi verificada uma queda no teor de magnésio possivelmente provocada também pelo excesso de fósforo.

4.2.5. Enxofre

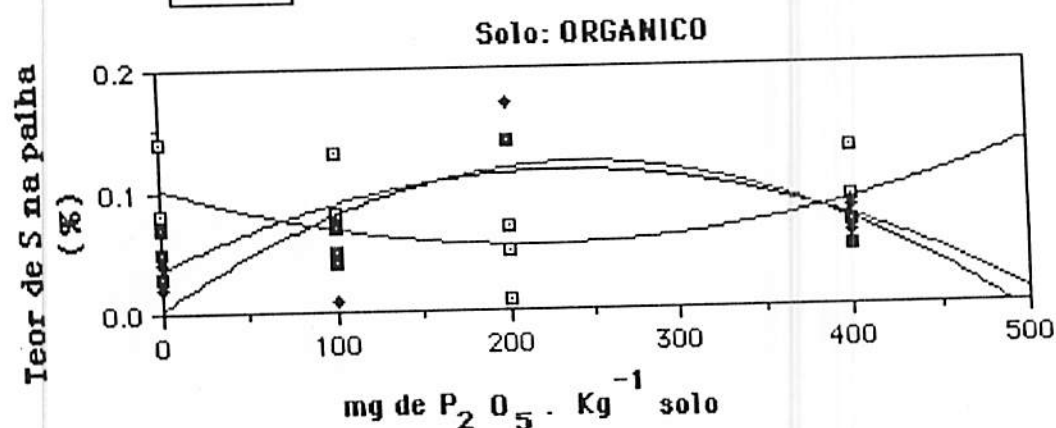
O sulfeto ferroso produzido da combinação do H_2S ácido sulfídrico) com o Fe^{2+} , pode ter diminuído a quantidade de enxofre disponível para as plantas nos solos submersos (GUEDES, 1983), fazendo com que o tratamento com menor umidade se mostrasse superior para o solo HGP (Figura 12). No entanto o mesmo não ocorreu para os solos HGH e HO, provavelmente em consequência de uma menor disponibilidade de ferro reduzido no solo, impedindo uma formação mais intensa de compostos insolúveis (sulfetos) para as plantas. Assim, as plantas mostraram maiores concentrações do elemento em solo submerso (Figura 12). O conteúdo de enxofre na palha e nos grãos nos três solos (Tabelas 17 A e 18 A) estudados, se apresentou acima do nível crítico concordando com GONZALEZ (1984).

4.2.6. Ferro

Os resultados mostraram os teores mais altos de ferro nos tratamentos com submersão (Figura 13), destacando-se os solos HGP e HGH. Tais solos apresentaram teor inicial de ferro alto (Quadro 2) e processos de redução dos óxidos de ferro mais intensos, tornando disponível uma maior quantidade de Fe^{2+} para a planta e consequentemente a toxidez deste elemento, se refletindo na diminuição da produção de matéria seca (SAHRAWAT, 1979; FAGERIA et alii, 1981). Para o solo orgânico, embora com menor intensidade, a liberação do



□ I-1	$y = 2.0000e-2 + 1.238e-4x \quad R^2 = 0.85$
◆ I-2	$y = 4.9424e-2 + 2.395e-4x - 6.3000e-7x^2 \quad R^2 = 0.54$
■ I-3	$y = 5.6030e-2 + 4.165e-4x - 9.3e-7x^2 \quad R^2 = 0.45$



□ I-1	$y = 0.102303 - 4.415e-4x + 1.02e-6x^2 \quad R^2 = 0.77$
◆ I-2	$y = 3.636e-3 + 9.652e-4x - 1.98e-6x^2 \quad R^2 = 0.44$
■ I-3	$y = 3.6545e-2 + 6.706e-4x - 1.44e-6x^2 \quad R^2 = 0.58$

Figura 12 - Teor de enxofre na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

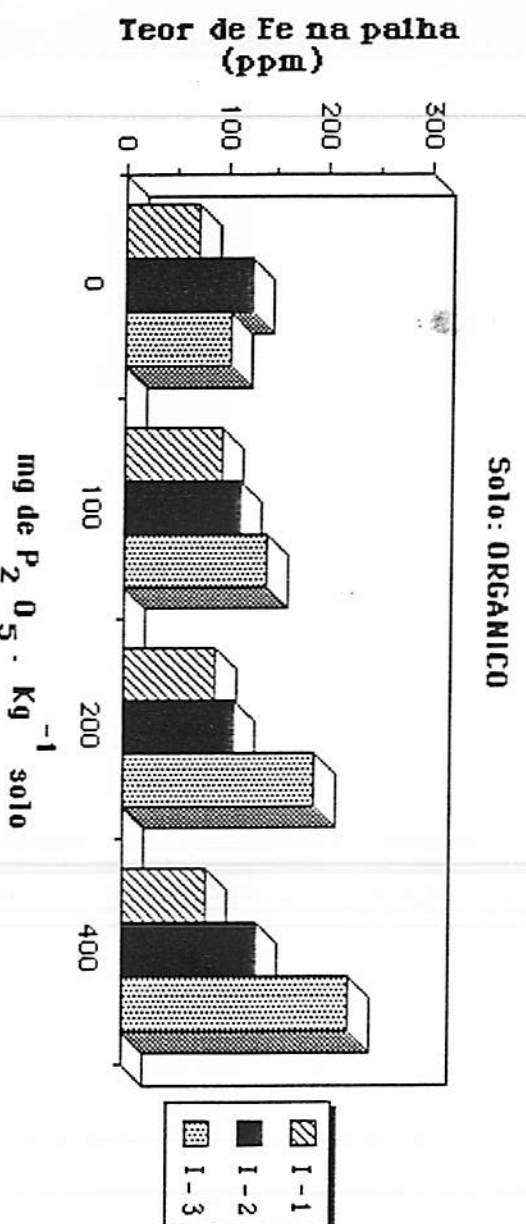
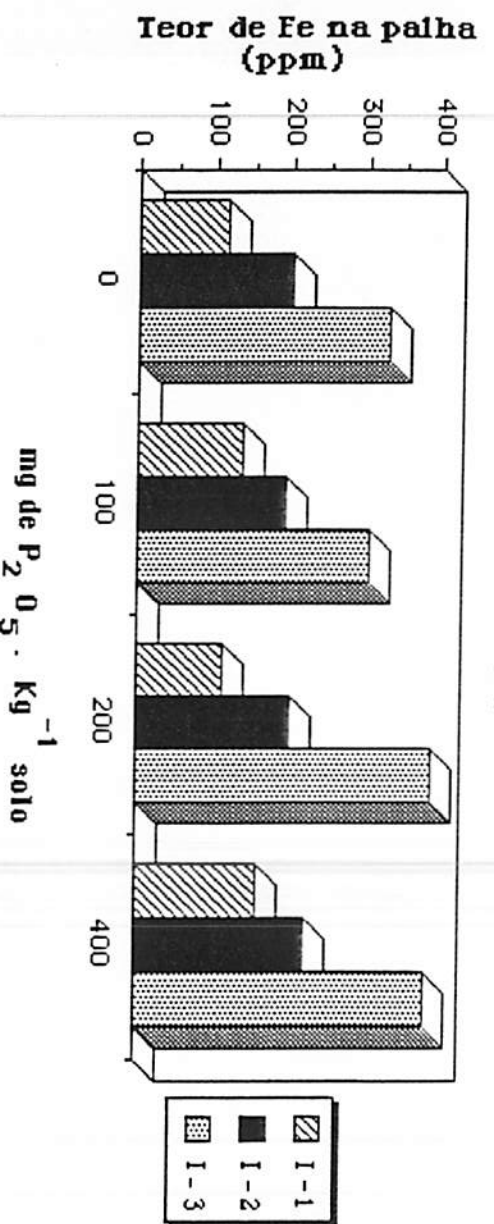
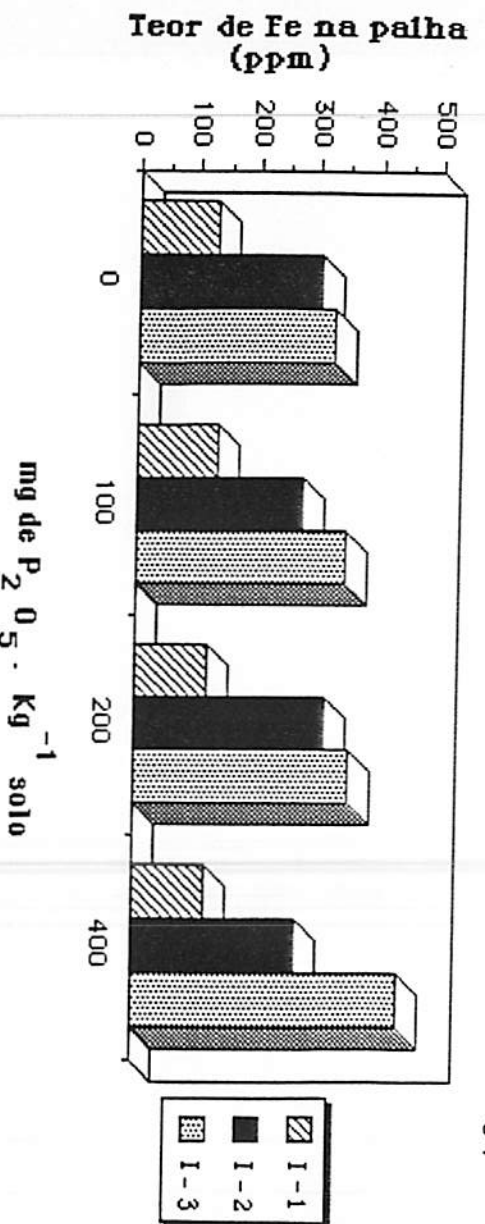


Figura 13 - Teor de ferro na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

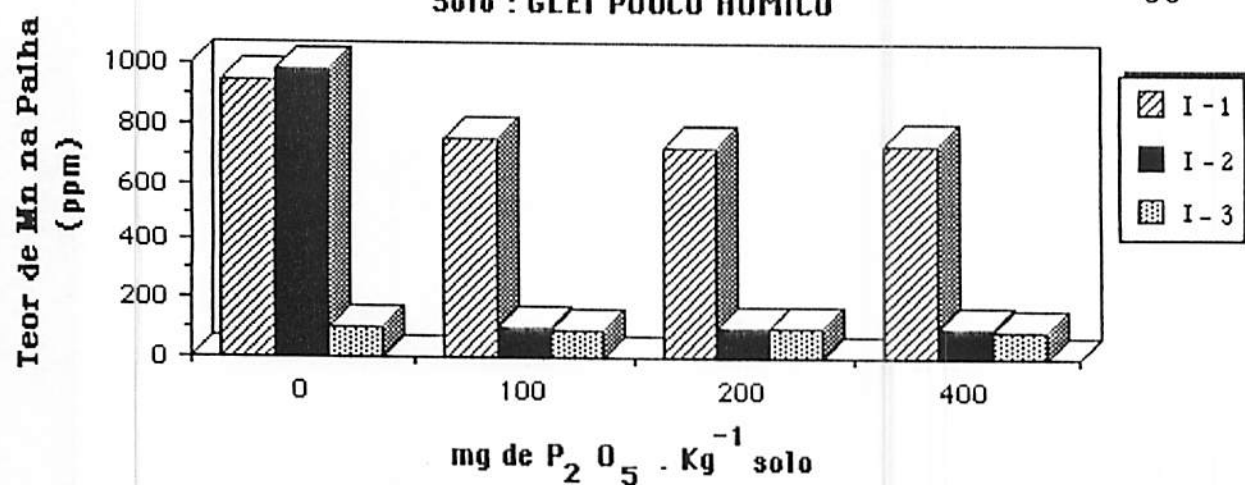
ferro pôde ser notada também para o nível de irrigação de submersão, que mostrou um efeito linear crescente ($Y = 111.533333 + 0.3017143X$ $r^2=0.94$) no aumento dos níveis de ferro na palha com o aumento da adubação fosfatada, sendo explicado pela maior solubilidade dos fosfatos de ferro, (Tabela 19 A) discordando de MANDAL & HALDAR (1980).

Nos grãos notaram-se teores de ferro bem inferiores aos encontrados na palha para os três solos, podendo ser explicado pela baixa translocação de ferro para os grãos, possivelmente em função da adubação com zinco (VERMA & TRIPATHI, 1983, e VERMA & MINHAS, 1989). A toxidez de ferro promoveu uma acentuada queda na produção, nos tratamentos com solo saturado ou submerso como consequência do desbalanço nutricional ocorrido (Tabela 20 A).

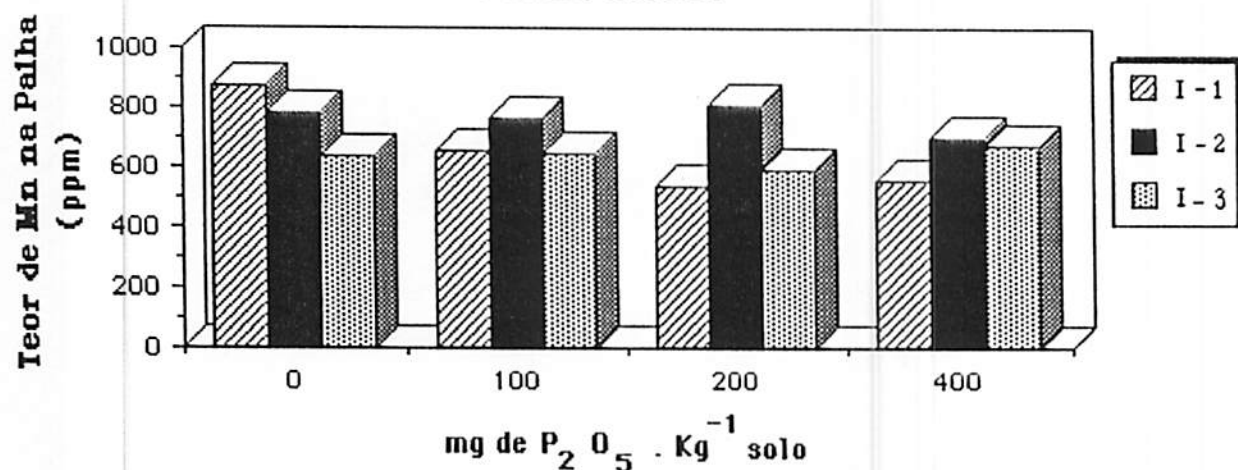
4.2.7 Manganês

O nível de mais baixa umidade do solo ou seja, 70% do VTP ocupados por água foi determinante para o aumento do teor de manganês na palha (PANDE & MITRA, 1970), independente das doses de fósforo aplicadas. Pode ter ocorrido um efeito inibitório do ferro na absorção do manganês nos níveis de saturação, ou submersão, com destaque para o solo HGP (Quadro 2) onde o teor de ferro no solo foi maior (SCALCO, 1983). No solo HGH esta tendência se mostrou no início com as menores doses de fósforo, porém com a elevação da adubação fosfatada o manganês passou a ser precipitado pelo fósforo (VAN DER VORM & VAN DIEST, 1979). Então, o maior volume de água no solo (saturação ou submersão) se mostrou eficiente na translocação do manganês para a palha (Tabela 21 A). Esta resposta dos tratamentos com maior umidade do solo no aumento da translocação do manganês foi mais destacada no solo orgânico onde o ferro solúvel não se mostrou tão alto como nos demais solos (Figura 14)

Solo : GLEI POUCO HUMICO



Solo: GLEI HUMICO



Solo: ORGANICO

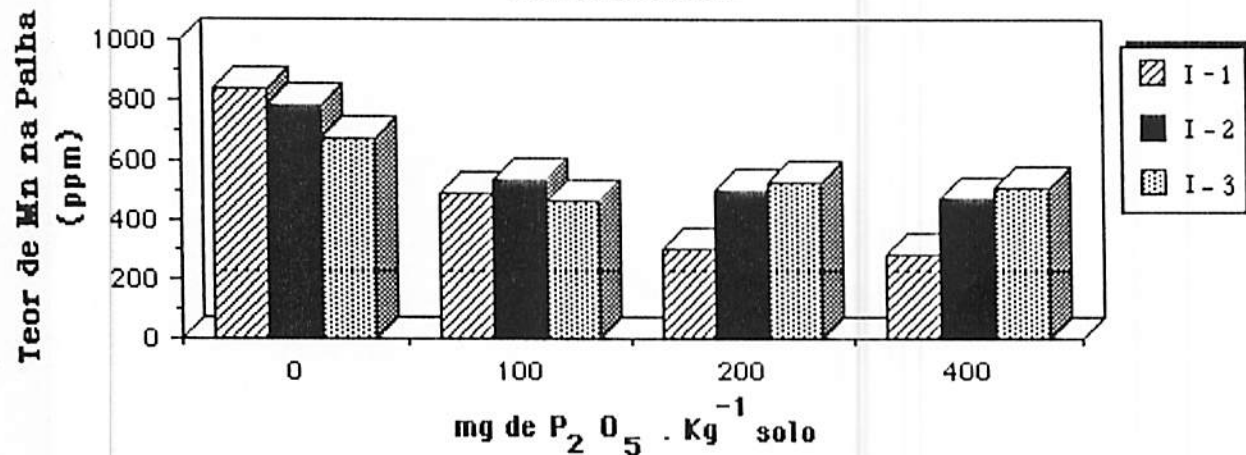


Figura 14 - Teor de manganês na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Assim como o ferro, o manganês é também menos translocado para os grãos do que para a palha (folhas + colmo) (VERMA & MINHAS, 1989), contudo foi observado o efeito significativo ao nível de 1% pelo teste de Tukey, da água, no aumento dos níveis de manganês nos grãos à medida que se aumentava a disponibilidade de água para a planta (Tabela 22 A).

4.2.8. Zinco

Os resultados apresentados para translocação de zinco pela planta tanto para a palha como para os grãos, concordam com SINGH & SINGH (1983), pois a inibição à absorção do zinco provocada pelo fósforo pode ter sido neutralizada pela interação entre o fósforo, zinco e ferro, diminuindo o efeito antagônico conhecido de um sobre os outros (LOPEZ & MALAVOLTA, 1974). Esta afirmação pode ser explicada pela resposta positiva nos níveis de saturação e submersão ao nível de 1% de significância pelo teste de Tukey, para os tres solos estudados tanto para palha como para grãos (Tabela 23 A). A menor translocação de zinco para os grãos (VERMA & TRIPATH, 1983) pode ser resultante da interação mais forte entre o fósforo e o zinco, pois em condições de inundação a absorção do ferro é mais favorável que a absorção do zinco, embora tenha sido adicionado zinco ao solo no plantio. O teor do micronutriente encontrado nos grãos se mostrou acima do nível crítico de uma planta com deficiência (YOSHIDA, 1981).

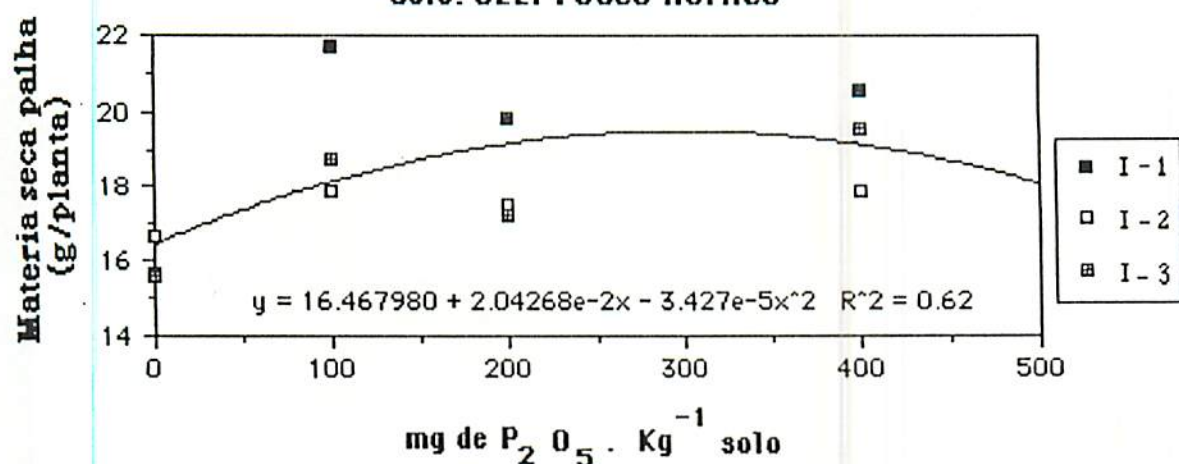
4.3. Efeito dos tratamentos nos componentes da produção

4.3.1. Matéria seca da palha (folha + colmo)

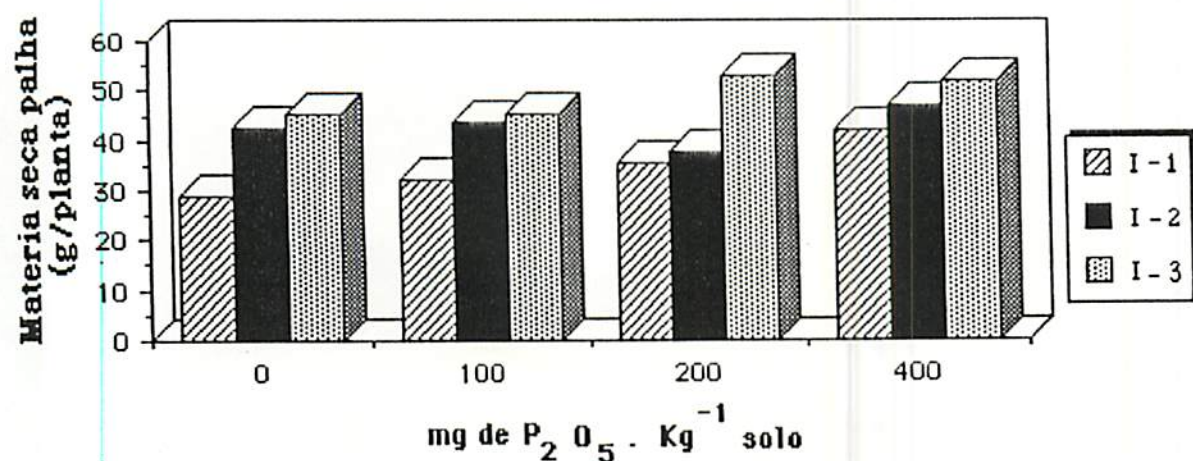
No solo HGP o maior volume de água no solo (saturação ou submersão) foi o fator que mais contribuiu para a diminuição da matéria seca da palha, em função da maior toxidez de ferro (GONZALEZ, 1984). Neste sentido admite-se que não existem diferenças notáveis entre as condições de óxido-redução que se desenvolvem com saturação ou inundação (MORAES & FREIRE, 1974). Assim, o nível de 70% do VTP foi o mais eficiente quanto ao aumento de matéria seca, por se mostrar menos afetado pela ocorrência dos processos redutivos de óxidos de ferro e manganês no solo (Tabela 25 A). Outro fator que muito contribuiu para a diminuição de matéria seca nos níveis de maior umidade do solo foi a maior severidade de Mancha parda e Escaldadura (Tabelas 29A e 30A), provocadas pelo desbalanço nutricional ocorrido em consequência da toxidez de ferro (HOWELER, 1973). Este fato se evidenciou através da resposta quadrática ao fator fósforo, em que até a dose de 298 mg de $P_2O_5.Kg^{-1}$ de solo houve aumento, e a partir daí ocorreu um decréscimo de peso de matéria seca (Figura 15), provavelmente em função de um mecanismo fisiológico que controla o requerimento de fósforo para a planta ou a disponibilidade do solo (ALVA et alii, 1980).

A lâmina d'água aplicada sobre o solo glei húmico se mostrou mais eficiente no aumento da matéria seca, concordando com ENYI (1963) e REDDY et alii (1980). Isto ocorreu em consequência da menor intensidade de toxidez de ferro neste solo, mostrando uma tendência de aumento de matéria seca com o aumento das doses de fósforo (BORA & GOSWAMI, 1983, ALAM & AZMI, 1989).

O nível de irrigação de 70% do VTP aliado às maiores doses de fósforo mostraram mais eficiência no aumento da matéria seca da palha para o solo orgânico, provavelmente em



Solo: GLEI HUMICO



Solo: Orgânico

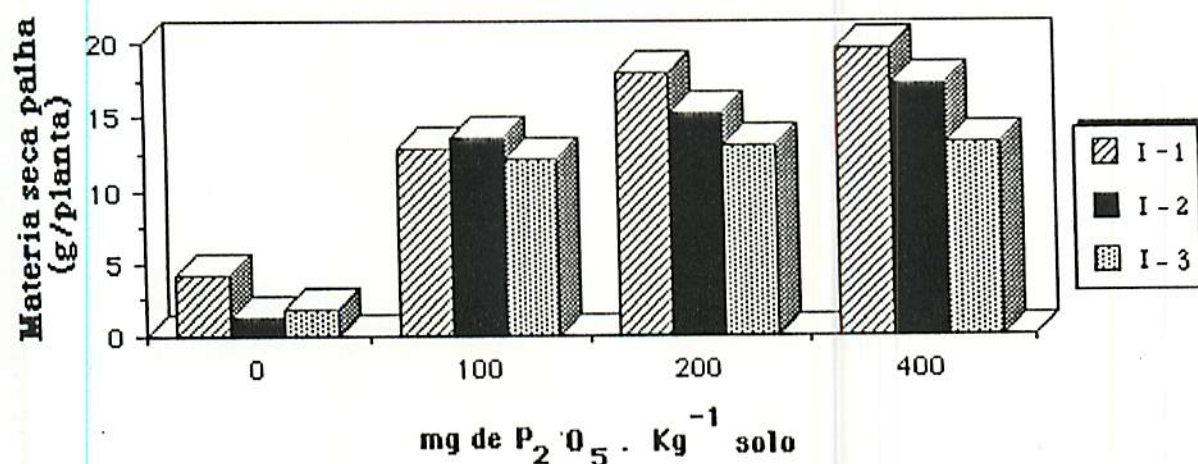


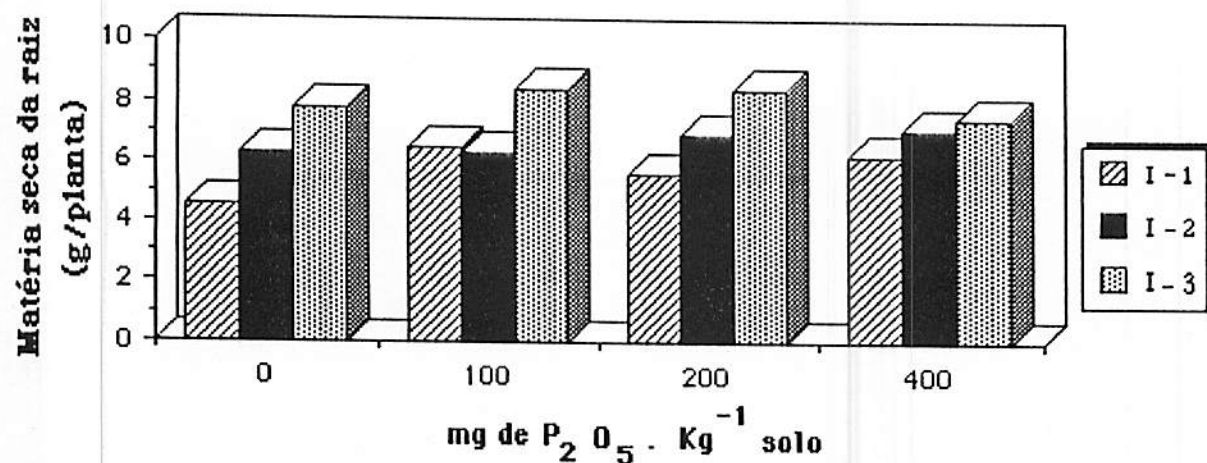
Figura 15 - Peso da matéria seca da palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

função da mineralização de fósforo orgânico do solo (SANCHEZ, 1976). As doses ótimas de fósforo para os três níveis de água foram de 300 ± 25 mg de $P_2O_5 \cdot Kg^{-1}$ de solo.

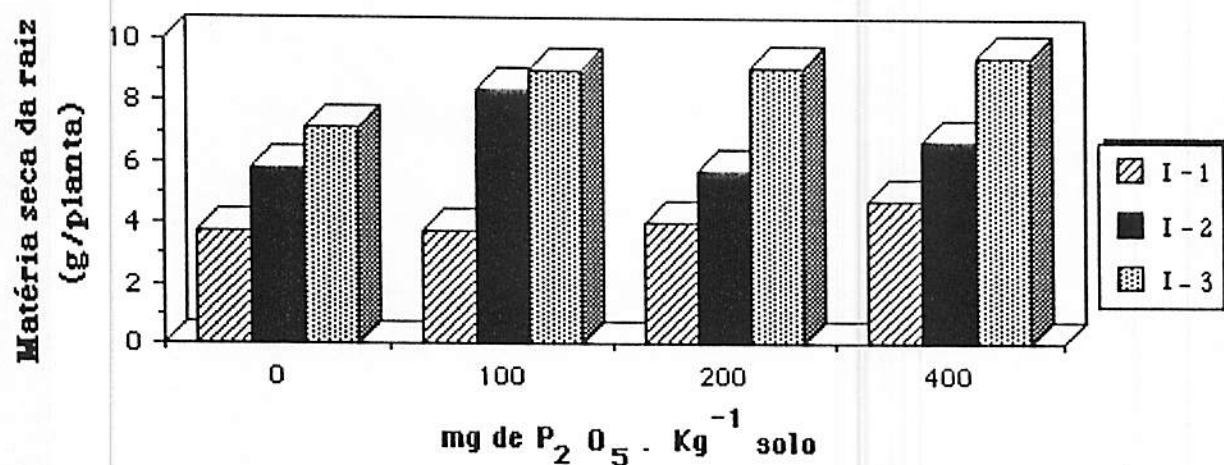
4.3.2. Matéria seca da raiz

A lâmina d'água aplicada sobre os solos HGP e HGH foi determinante para o aumento do peso da matéria seca da raiz em função da maior disponibilidade de fósforo causada pela inundação (Figura 16), concordando com MORAES (1973). Portanto, a submersão estimulou o crescimento radicular (REDDY et alii, 1980), porém sem diferença significativa para as doses de fósforo (Tabela 26 A), que é explicado pelos níveis iniciais altos de fósforo no solo. Embora a toxidez de ferro tenha efeito direto no desenvolvimento radicular (BARBOSA FILHO et alii, 1983), parece que o excesso de fósforo provocou reprecipitação do nutriente pelo ferro, amenizando o seu efeito deletério sobre o enraizamento.

Para o solo HO o fator água apresentou diferenças significativas ao nível de 1%, com os tratamentos de 70% do VTP e saturação do solo, se mostrando superiores. A saturação do solo mostrou diferenças nas doses de fósforo, com um pequeno aumento de matéria seca para as maiores doses (Tabela 26 A), mostrando que a aplicação do nutriente em solo deficiente pode estimular o desenvolvimento radicular e a utilização de outros nutrientes (DE DATTA & GOMEZ, 1975). Tal resposta pode ser creditada possivelmente ao efeito conjunto da mineralização do fósforo orgânico do solo e menor imobilização do fósforo aplicado, levando a uma maior resposta à adubação (MOTTA, 1988).



Solo: GLEI HUMICO



Solo: ORGANICO

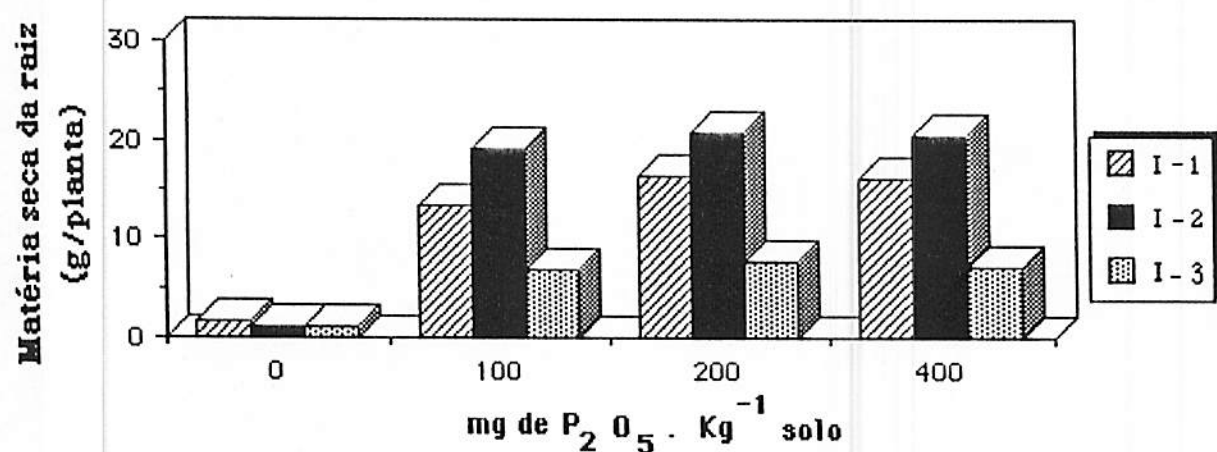


Figura 16 - Peso da matéria seca da raiz de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

4.3.3. Matéria seca total de grãos

A maior ou menor quantidade de grãos é resultado da relação entre a fotossíntese e a respiração que são atividades influenciadas direta ou indiretamente pelo conteúdo de nutrientes (GONZALEZ, 1984).

Neste parâmetro ficou evidenciado o efeito prejudicial da toxidez de ferro para a produção de grãos no solo HGP à medida que se aumentou a disponibilidade d'água (Figura 17), concordando com BARBOSA FILHO et alii (1983). Assim, em solo aerado (70% do VTP) a produção de grãos se mostrou superior embora sem muita diferença dentro das doses de fósforo (Tabela 27 A). Esta ausência de resposta ao fósforo é explicada pelos elevados teores de fósforo natural nos solos HGP e HGH (Quadro 2) (BORA & GOSWAMI, 1983).

Avaliando os resultados do solo orgânico notou-se uma resposta quadrática ($Y = 1.258 + 0.0318956X - 0.00005667X^2$) das doses de fósforo no aumento da produção de grãos, crescente até as doses de 281,42 mg de $P_2O_5.Kg^{-1}$ de solo (Figura 17), quando então o excesso de fósforo provavelmente causou deficiência de outros nutrientes (ENYI, 1963; NOVAIS et alii, 1972; FAGERIA et alii, 1981 e GIL, 1985).

4.3.4. Número de perfilhos / planta

Os resultados encontrados contrariam parte da literatura que assegura que a submersão provoca um aumento no perfilhamento em relação aos solos com menor umidade (IRRI, 1968; BARROS & GUERRA, 1980; GIUDICE et alii, 1983 e Gorantiwar & Jaggi citados por MASCARENHAS, 1987). Foi observado um decréscimo no perfilhamento com o aumento da umidade nos solos HGP e HGH (Tabela 28 A), explicado pela acentuada toxidez de ferro no primeiro solo, provocando um desequilíbrio nutricional na cultura (BARBOSA FILHO et alii,

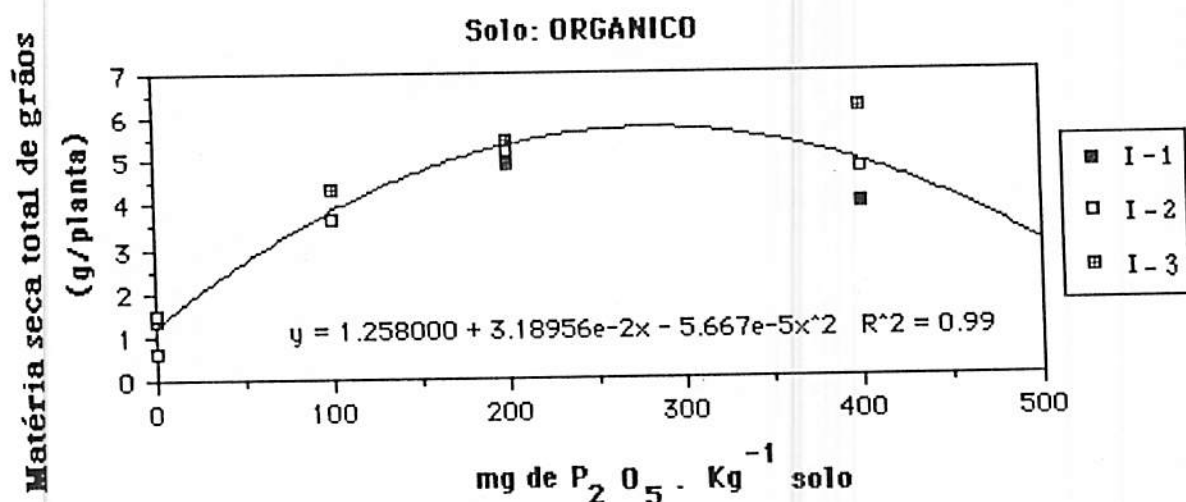
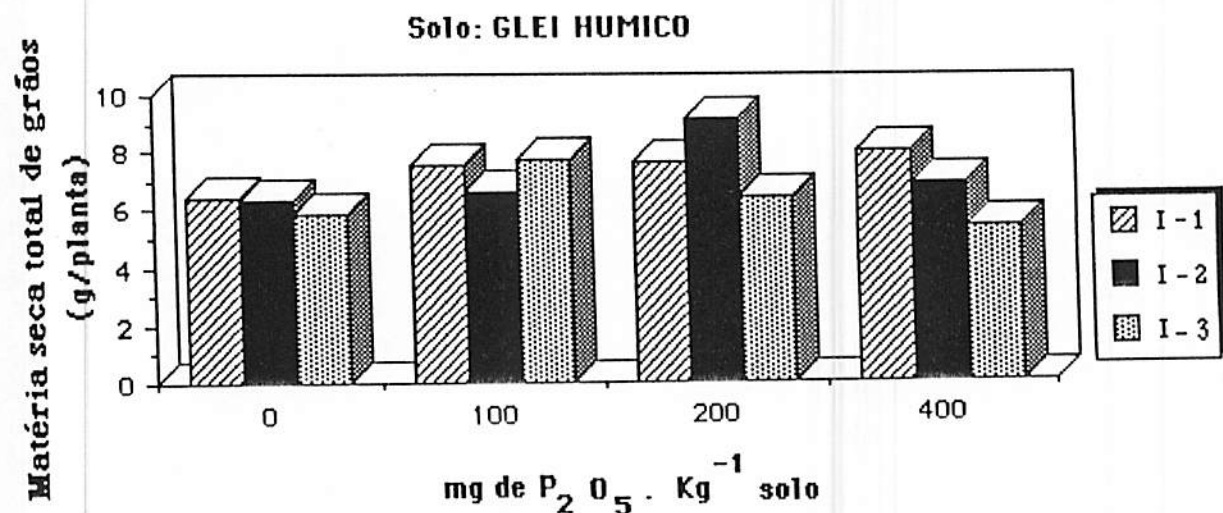
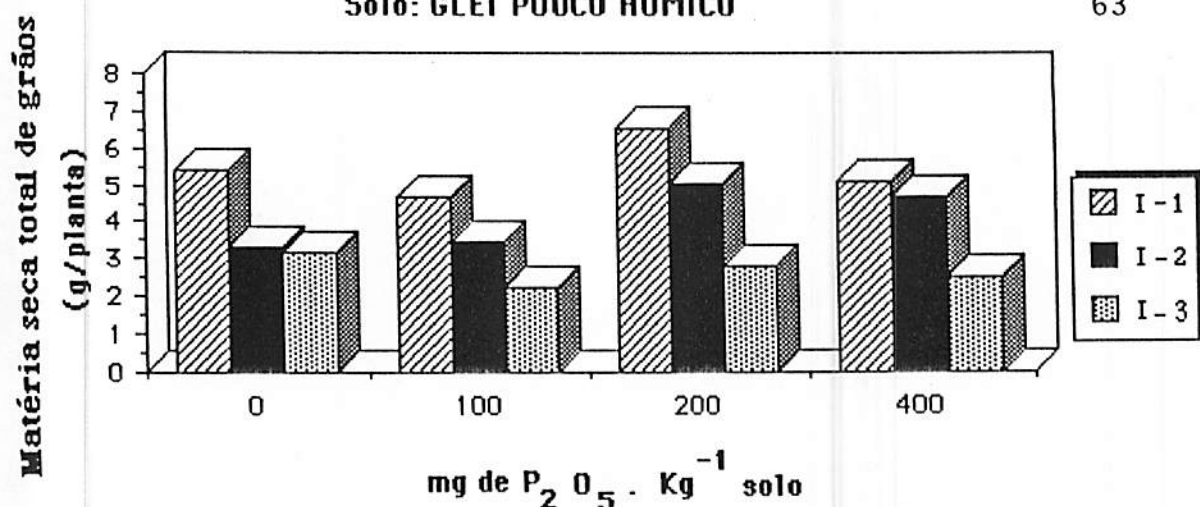


Figura 17 - Peso da matéria seca total de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

1983; DE DATTA et alii, 1975). Assim, o nível de 70% do VTP ocupados por água se mostrou mais eficiente no aumento do perfilhamento, sem diferença significativa nas demais doses de fósforo, em consequência do alto teor inicial do nutriente no solo.

No solo HGH observou-se um efeito significativo ao nível de 5%, da interação água x fósforo pelo teste de Tukey, somente para o nível 3 de fósforo (400 mg de $P_2O_5.Kg^{-1}$ de solo), mostrando uma tendência de resposta à adubação fosfatada, quando não ocorreu desequilíbrio nutricional provocado pela toxidez de ferro (ALAM & AZMI, 1989). No solo orgânico, constatou-se resposta à adubação fosfatada até o nível de 312 mg de $P_2O_5.Kg^{-1}$ de solo, confirmando a tendência de resposta ao fósforo quando o teor do elemento no solo é baixo (Figura 18).

4.4. Avaliação da severidade das doenças fúngicas

Na avaliação da severidade da Mancha parda nos três substratos estudados, foi constatada maior infecção nas plantas cultivadas no solo HGP, onde os efeitos da toxidez de ferro causando desbalanço nutricional foram mais evidentes (HOWELER, 1973). Tanto para o solo HGP como para o HGH, constatou-se um índice mais alto da doença com a maior disponibilidade d'água sem muita diferença entre os tratamentos com adubação fosfatada (Figura 19), provavelmente por tais solos já apresentarem altos níveis de fósforo antes do plantio (Quadro 2). Porém, no solo orgânico, notou-se um efeito quadrático do fósforo no aumento da infestação do patógeno quando se avaliou o nível de submersão do solo, concordando com VILLARRAGA & ANDRADE (1982) e KAUR et alii (1986), onde consequentemente deve ter ocorrido redução de Fe e Mn embora menos intensa que nos outros dois solos (Tabela 29A).

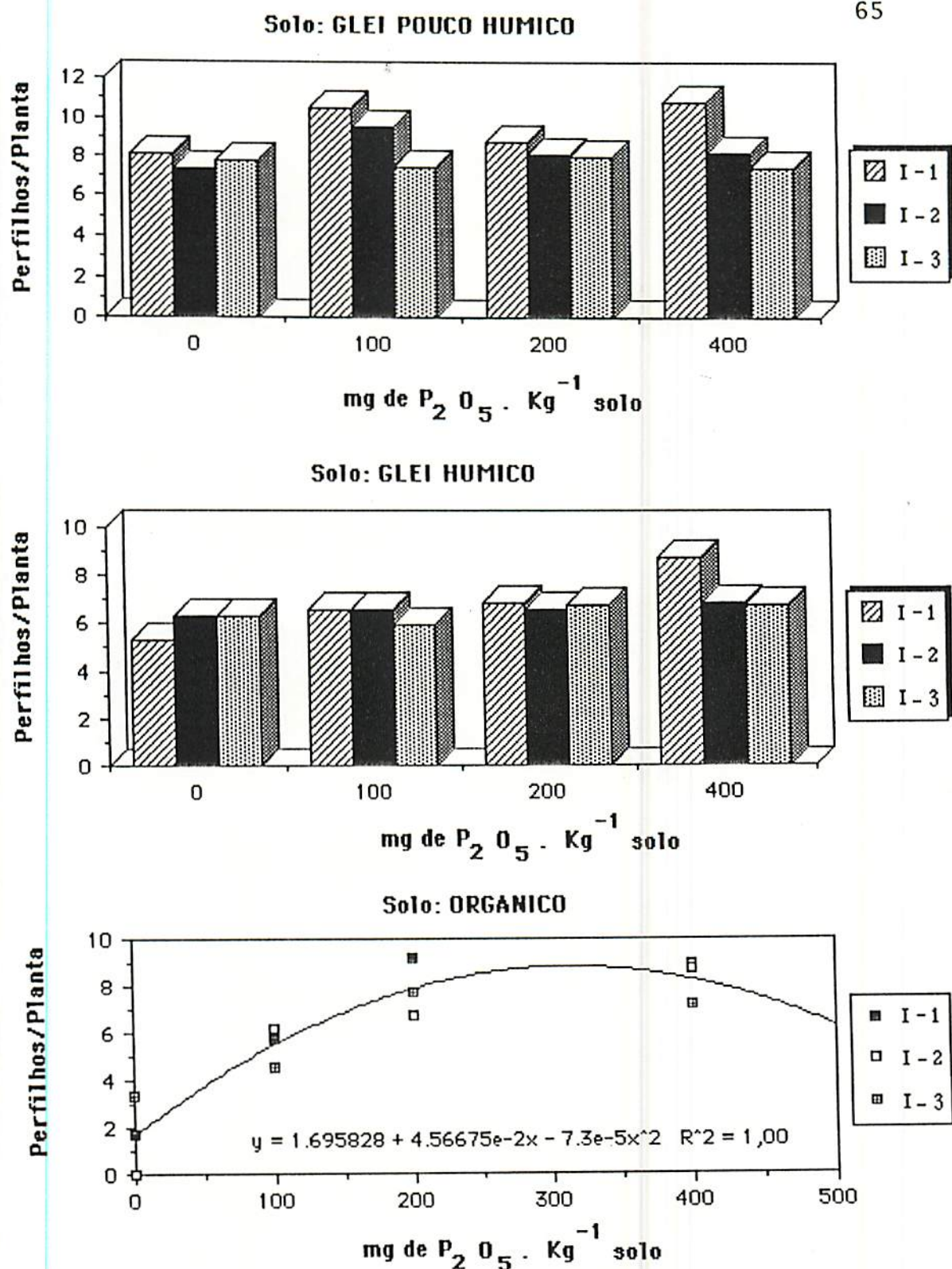


Figura 18 - Número de perfilhos por planta de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

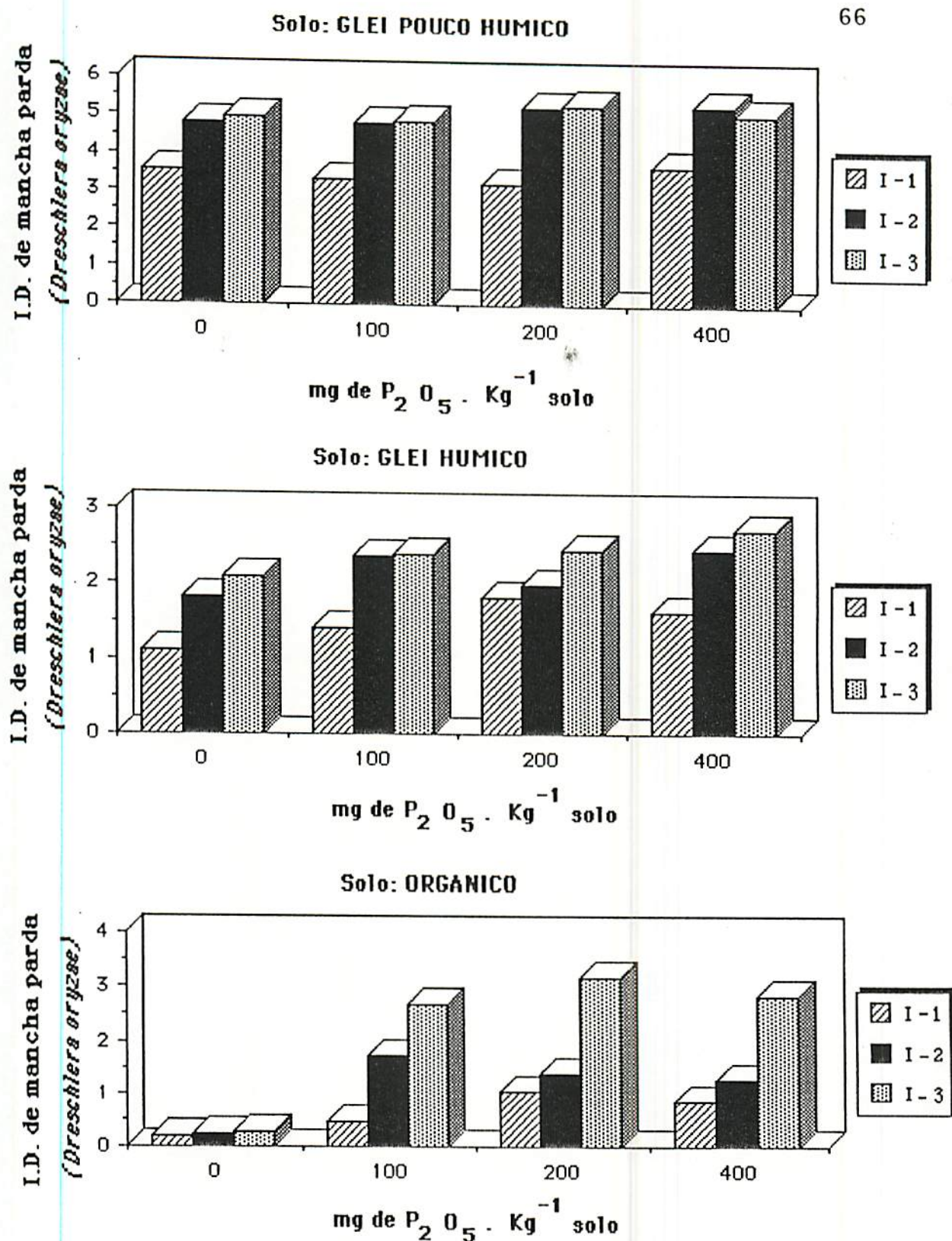
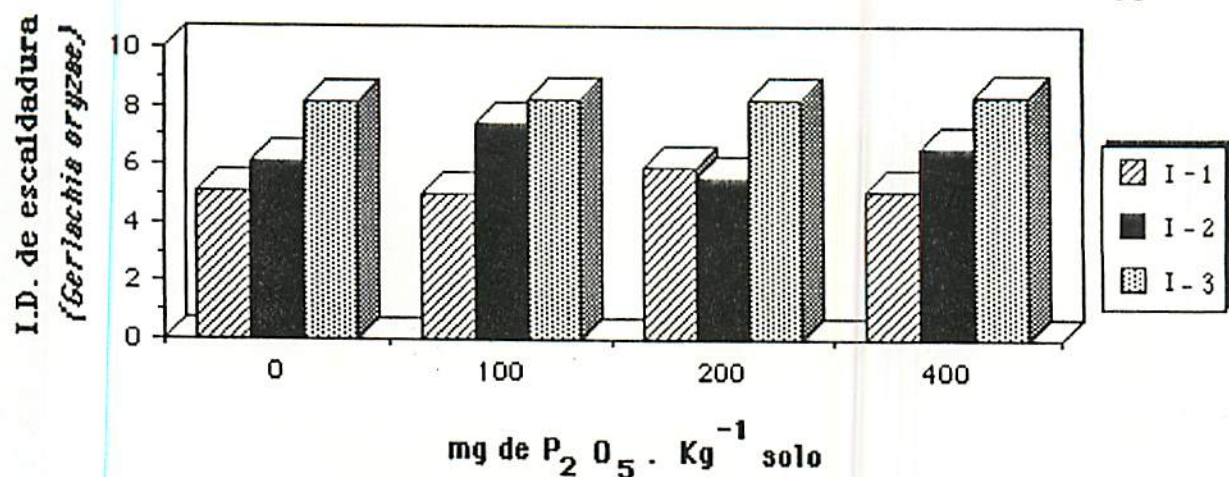
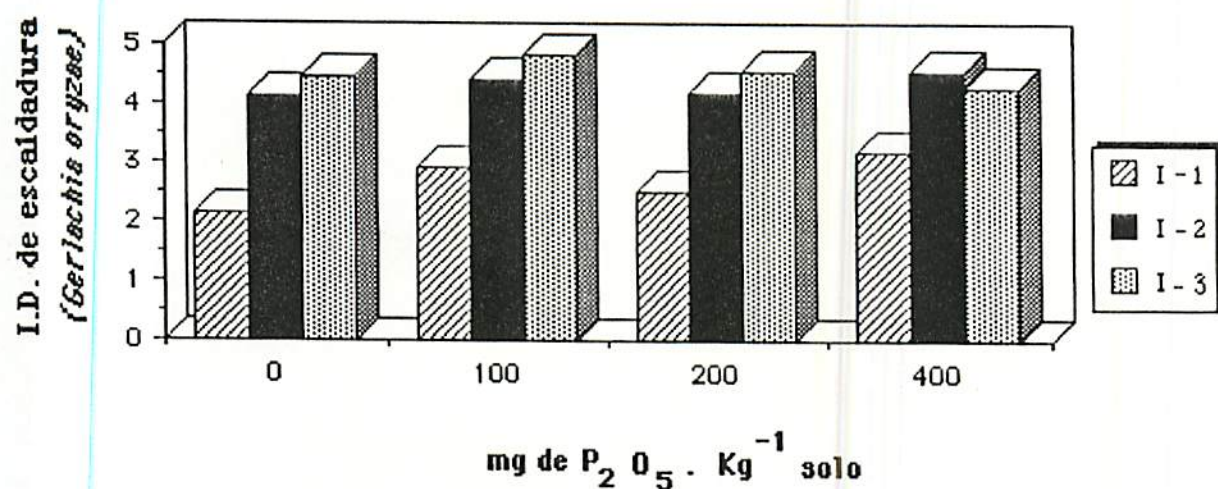


Figura 19 - I.D. de mancha parda (*Dreschlera oryzae* . Breda de Haan) em arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Avaliando a severidade de Escaldadura, observou-se também maior presença da doença nos níveis de irrigação de saturação e submersão para os três solos estudados, evidenciando que a maior disponibilidade do fósforo provocada pelos processos redutivos, bem como a toxidez de ferro principalmente nos solos HGP e HGH, podem ter sido determinantes no aumento do índice da doença (ID) (Figura 20). Outro fato que pode ter contribuindo para a maior infecção do patógeno foi a realização da última cobertura nitrogenada na fase de emborrachamento, como também o próprio aumento da disponibilidade de nitrogênio com a inundação, criando assim a condição ideal para o desenvolvimento da doença (PRABHU & BEDENDO, 1982).



Solo: GLEI HUMICO



Solo: ORGANICO

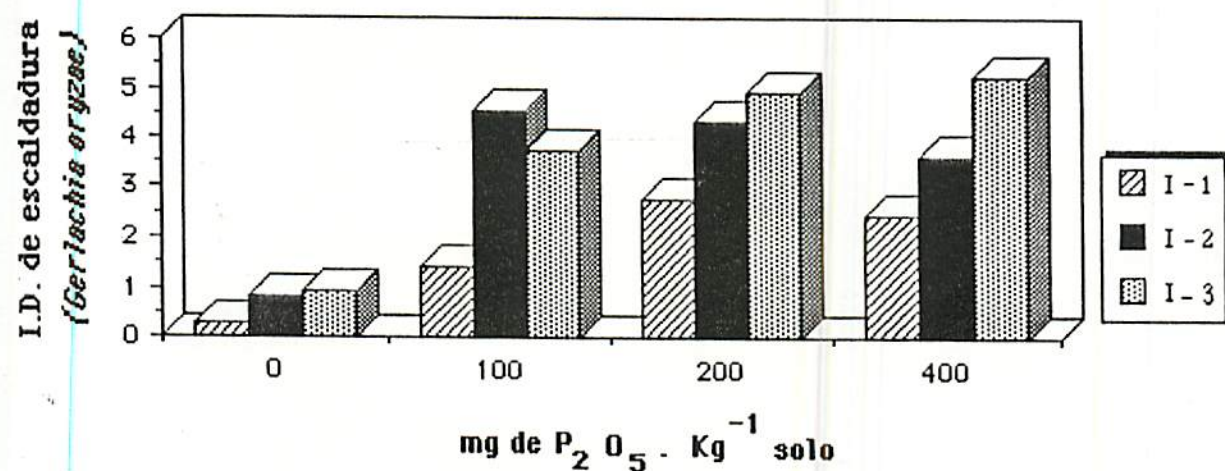


Figura 20 - I.D. de escaldadura (*Gerlachia oryzae* . Hashioka e Yokogi) em arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

5. CONCLUSÕES

- a) A adubação fosfatada não se mostrou eficiente para os solos Glei Pouco Húmico (HGP) e Glei Húmico (HGH) onde os teores de fósforo se mostraram inicialmente altos, como também em razão da acentuada toxidez de ferro;
- b) No solo orgânico (HO) a adubação fosfatada se mostrou eficiente nos parâmetros de produção avaliados como consequência do baixo teor de fósforo natural do solo;
- c) Os níveis de água de saturação e submersão do solo mostraram um efeito nos parâmetros MS da palha e MS da raiz e superiores ao nível de 70% do VTP ocupados por água;
- d) Os altos teores de Fe, Mn e P solúveis apresentados pelos solos estudados como consequência dos processos redutivos ocorridos nos níveis de irrigação de saturação e submersão, com destaque para os solos HGP e HGH, bem como as altas doses de fósforo aplicadas, foram responsáveis por desequilíbrios na planta que criaram ambientes favoráveis à maior manifestação de doenças fúngicas e relações inibitórias ou antagônicas entre os nutrientes, provocando prejuízos à produção do arroz.

6. RESUMO

EFEITO DO FÓSFORO NA CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa* L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA EM SOLOS DE VÁRZEA DE MINAS GERAIS

Objetivando determinar a curva de resposta do arroz (*Oryza sativa* L.) à adubação fosfatada sob diferentes níveis de água, o presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras. Foram utilizados 03 (três) solos hidromórficos: Glei Pouco Húmico (HGP), Glei Húmico (HGH) e Orgânico (HO), plantados com a cultivar MG - 1. Os tratamentos constaram da aplicação de quatro doses de fósforo: 0(zero), 100, 200 e 400 mg P_2O_5 .kg⁻¹ de solo na forma de superfosfato triplo e três níveis de água 70% e 100% do VTP (volume total de poros) do solo ocupados por água e submersão contínua (lâmina de 5 cm de espessura). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, sendo os fatores níveis de umidade (3) e níveis de fósforo (4) com três repetições para cada tipo de solo.

Os resultados obtidos indicaram efeito significativo dos níveis de mais alta umidade para os solos glei pouco húmico e glei húmico em relação ao aumento do peso da matéria seca da palha e peso da matéria seca da raiz. Tais parâmetros mostraram resposta positiva do fator fósforo para o solo orgânico, em razão da menor disponibilidade de fósforo

natural do solo. Em consequência da acentuada toxidez de ferro ferroso nos dois primeiros solos, quando saturados ou submersos, só ocorreram melhores respostas para a produção de grãos com umidade de 70% do VTP ocupados por água. Porém, para o solo orgânico, observou-se um efeito crescente da adubação fosfatada até a dose de 290 mg de $P_2O_5 \cdot kg^{-1}$ de solo, independente do nível de umidade do solo.

Os níveis dos nutrientes (P, Fe e Mn) na planta se mostraram variáveis de acordo com os níveis de umidade do solo, com destaque para o maior teor de fósforo e ferro nas plantas em solo saturado ou submerso, e manganês a nível de 70% do VTP. Para os solos onde o teor de fósforo se mostrou inicialmente alto ou aumentou em função dos processos de redução, a adubação fosfatada não se mostrou eficiente. Contudo, no solo orgânico, notou-se eficiência da adubação fosfatada nos parâmetros de produção avaliados, consequentemente em função da baixa disponibilidade do fósforo natural do solo.

7. SUMMMARY

EFFECT OF PHOSPHORUS ON RICE (*Oryza sativa* L.) CROP UNDER DIFFERENTS LEVELS OF WATER IN LOWLAND SOILS OF MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

This work was carried out in green houses at the Soil Science Department of the Escola Superior de Agricultura de Lavras. The main objective was to measure the effects of phosphate fertilization on rice growth subject to different soil moisture levels. Three soils were use Low Humic Gley (HGP), Humic Gley (HGH) and Organic Soil (HO). In all of them the rice variety MG-1 was planted. The phosphate levels were set up with zero, 100, 200 and 400 mg of P_2O_5 for each kilogram of soil by the triple superphosphate form. The soil moisture levels were set up with saturation index of 0,7 and 1,0. A third water level was stablished with saturation index of 1,0 and a 5 cm water lager held constant on top of the soil surface. The statistical design was random blocks with a factorial scheme of three moisture contents by four phosphate levels with four replications.

Significative effects of higher moisture levels were observed on soil Low humic Gley (HGP) and Humic Gley (HGH) since an increase in dry matter of both, straw and sub surface part of plant were detected. The phosphate effect was also in favor of plant growth, specially in the organic soil (HO), probably due to its natural low phosphate content.

Phosphate effects on plant growth was higher in Low Humic Gley (HGP) and Humic Gley (HGH) soils only when the moisture levels were lower. This fact can be expected because the intense iron toxicity, commonly found in water saturated soils. The increasing effect of phosphate fertilization on organic soil (HO) was observed for phosphate levels up to 290 mg $P_2O_5 \cdot kg^{-1}$ of soil, independently of moisture level.

The nutrient levels of P, Fe and Mn on the plant varied accordingly to soil moisture levels. Higher P and Fe contents were observed when the soil was saturated while Mn content was higher when the soil moisture was held at saturation index of 0,7 only. Phosphate effects were not significant when the phosphorus content in soil was originally low or when its availability was decreased by reduction processes. On organic soil (HO) the effects of phosphate fertilization were more incident due to the lower natural phosphorus content of this soil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

01. ABREU, C. A. de & LOPES, A. S. Alterações físico-química e química dos solos inundados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. 13(152):14-21, 1988.
02. ALAM, S. M. & AZMI, A. R. Effect of phosphorus on growth and rice plant nutrient content. **International Rice Research Newsletter**, Manila. 14(1):20, Feb. 1989.
03. ALVA, A. K. ; LARSEN S. & BILLE, S. W. The influence of Rhizosphere in rice crop on resin-extractable phosphate in flooded soils at various levels of phosphate applications. **Plant and Soil**, Netherlands, 56(1):17-25, Aug. 1980.
04. _____ & PETERSEN, L. Soil physical properties in relation to rice yield and water consumption under flooded and unflooded conditions. **Plant and Soil**, Netherlands, 52(3): 353-63, Aug. 1979.
05. BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado**. Piracicaba, POTAFOS, 1987. 129 p. (Boletim técnico, 9).
06. _____ ; 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, 18(8):903-10, ago. 1983.

07. BARROS, L. C. G. & GUERRA, H. O. C. Efeitos da profundidade da lâmina de água sobre a fertilidade e produtividade do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 15(3):305-10, jul. 1980.
08. BENCKISER, G.; SANTIAGO, S.; NEVE, H. U.; WATANABE, I & OTTOW, C. G. Effect of fertilization on exudation, dehydrogenase activity, iron-reducing populations and Fe^{++} formation in the rhizosphere of rice (*Oryza sativa* L.) in relation to iron toxicity, **Plant and soil**, Netherlands, 79(3):305-16, Aug. 1984.
09. BINGHAM, F. T. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. **Soil Science of American Proceeding**, Wisconsin, 27(4):389-91, Jul/Aug. 1963.
10. BLAKE, G. R. Bulk density. In: BLACK, C. A. , ed. **Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties incldying statistics of measurement and sampling**. Madison, American Society Agronomy, 1965. p. 374-90.
11. BORA, P. K. & GOSWAMI, N. N. Effect of phosphorus fertilization and soil moisture regimes on phosphorus content of rice crop. **International Rice Research Newsletter**, Manila, 8 (1):19-20, Feb. 1983.
12. _____ & _____ Influence of moisture regimes on phosphorus uptake in acid soils. **International Rice Research Newsletter**, Manila, 5(1):18, Feb. 1980.
13. 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. 159p.

14. CURI, N.; RESENDE, M. & SANTANA, D. P. Solos de Várzea de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 13(152):3 -10, 1988.
15. DAUGHTREY, Z. W.; GILLIAM, J. W. & KAMPRATH, E. J. Phosphorus supply characteristics of acid organic soils as measured by desorption and mineralization. **Soil Science**, Maryland, 115(1):18-24, Jan. 1973.
16. DE DATTA, S. K. & GOMEZ, K. A. Changes in soil fertility under intensive rice cropping with improved varieties. **Soil Science**, Maryland, 120(5):361-6, Nov. 1975.
17. _____ ; LEVINE, G. & WILLIAMS, A. Manejo del agua y necesidades de riego del arroz. IN: Universidade de Filipinas, Los Baños. **Cultivo del arroz: manual del producion**. México, Limusa, 1975. p. 121-7.
18. DREYER, G. C. Aspectos de irrigação no Rio Grande do Sul. **Lavoura arrozeira**, Porto Alegre, 25(267):28-34, set/out. 1972.
19. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Manual de métodos de pesquisa em arroz**. Goiânia, CNPAF. 1977. 106p.
20. _____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
21. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DE MINAS GERAIS. **MG1, MG2. Novas cultivares de arroz irrigado para Minas Gerais**. Belo Horizonte. s.d. (Série Documentos, 23).
22. ENYI, B. A. C. The influence of varying phosphorus and water supply on the growth and yield of a swamp rice variety (*Oryza sativa* L.). **The Journal of Agricultural Science**, London. 61(2):227-31, Oct. 1963.

23. FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz.** Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1984. 341p.
24. _____. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. **Plant and Soil, Netherlands**, 70(3):309-16, Feb. 1983.
25. _____ ; BARBOSA FILHO, M. P. & 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, 16(4):483-8, Jul/Ago. 1981.
26. _____ ; _____ & GARBER, M. J. Nível de nutrientes e densidade de plantio adequados para experimentos com arroz em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 17(9):1279-84, set. 1982.
27. _____ ; ZIMMERMANN, F. J. P. & LOPES, A. M. Resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo, zinco e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 1(2):72-6, maio/dez, 1977.
28. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Situacion y perspectivas del arroz en el mundo 1989 - 1990. **Arroz**, Bogotá, 39(367):14-7, 1990.
29. FORNASIERI FILHO, D. **Características agronômicas e qualitativas do grão de genótipo de arroz (*Oryza sativa* L.) sob inundação controlada.** Jaboticabal, USP, 1988. 101 p. (Tese de livre docência).
30. FREIRE, F. M.; NOVAIS, R. F. de; SOARES, P. C.; COSTA, L. M. da & FARIA, E. A. Calagem, adubação orgânica e manejo da água no Controle de toxicidade de ferro em arroz irrigado. **Revista Ceres**, Viçosa, 32(180):162-9, mar/abr. 1985.

31. GALRÃO, E. Z.; SOUSA, D. M. G. de & PERES, J. R. R. Caracterização de deficiências nutricionais em solos de várzeas da região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(9):1091-101, set. 1984.
32. GIL, N. A. Effect of fertilizers on yield and yield components of medium deep water rice culture in northern Nigeria. *International Rice Research Newsletter*. Manila. 10(2):7. Apr. 1985.
33. GIUDICE, R. M. del.; HAAG; THIEBAUT, J. T. L. & DECHEN, A. R. **Absorção cumulativa de nutrientes minerais em duas variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivados em três diferentes níveis de disponibilidade d'água.** Campinas, Fundação Cargil, 1983. 115p.
34. GOMES, A. da S. ; VAHL, L. C.; PAULETTO, E. A.; PORTO, V. H. da F. & GONZALEZ, B. D. Manejo de água em arroz irrigado. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado.** Campinas, 1985. p. 251-76.
35. GONZALEZ, J. Os macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. *Arroz*, Bogotá, 33(329):34-44, mar/abr. 1984.
36. GRANDE, M. A.; CURI, N. & QUAGGIO, J. A. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de melich e resina, em solos cultivados com arroz irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10(1):45-50 jan/abr. 1986.
37. GUEDES, G. A. de A. **Eletroquímica e química de solos de várzea sob condições de inundações.** Lavras, ESAL - DCS. 1983. 24p. (mimeografado)
38. GUILHERME, L. R. G.; CURI, N. & GUEDES, G. A. A. Calagem e disponibilidade de fósforo para o arroz irrigado cultivado em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. 13(3).341-7, jan/abr. 1989.

39. GUIMARÃES, G.; BARRETO, G. B. & IGUE T. Manejo da água para arroz semeado em várzea. I. Efeitos de drenagens intermediárias e finais. Campinas, IAC, 1974. 32p. (Boletim Técnico, 17).
40. HAZRA, J. N. & DEBNATH, N. C. Effect of plant growth on the inorganic transformation of phosphorus in soil. *Indian Agricultural*, Calcutá, 27(1):23-8, 1983.
41. HOWELER, R. H. Iron-induced araging diseases of rice in relation to physico-chemical changes in a flooded oxisol. *Soil Science Society of American Proceeding*, Wisconsin, 37(6):898-903, Nov/Dec. 1973.
42. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Annual Report. Effect of water management pratices on the growth characteristics and grain yield of rice. Los Banos, 1968. p. 205-12.
43. JOHN, C. D. The structure of rice roots grown in aerobic and anaerobic environments. *Plant and soil*, Netherlands, 47(1):269-74, May 1977.
44. KAUR, P.; KAUR, S. & PADMANABHAN, S. Y. Effect of calciun on the development of brown spot diseases of rice. *Indian Phytopathology*, New Delhy, 39(1):57-61, Mar. 1986.
45. KUO, S. & MIKKELSEN, D. S. Distribution of iron and phosphorus in flooded and unflooded soil profiles and their relation to phosphorus adsorption. *Soil Science*, Maryland, 127(1):18-25, Jan. 1979.
46. LAMSTER, E. C. Programa Nacional de Aproveitamento residual de várzeas - PROVARZEAS Nacional. In: BRASIL. Ministério da Agricultura - Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. *Provárzeas Nacional*; 1 hectare vale por 10. Brasília, s. d. p. 7-11 (Informação Técnica ,1).

47. LANTIN, R. S. & NEUE, H. U. Toxidade de ferro: Um desorden nutricional en el arroz de riego. In: REUNION DE ARROZ DE RIEGO, 17, Porto Alegre 1988. Resumen del trabajo presentado...
48. LEE, K.; CASTRO, T. & YOSHIDA, T. Nitrogen fixation throughout growth, and varietal differences in nitrogen fixation by the rhizosphere of rice planted in pots. *Plant and Soil, Netherlands*, 48(3):613-9, Dec. 1977.
49. LEITE, N.; GARGANTINI, H.; HUNGRIA, L. S. & IGUE, T. Efeitos do nitrogênio, fósforo, calcário e micronutrientes em cultura de arroz irrigada no vale do Paraíba. *Bragantia*, Campinas, 29(25):273-85, 1970.
50. LOPES, A. S. & ABREU, C. A. de. Manejo de corretivos e fertilizantes sob condições de inundação. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, 13(152):22-32, 1988.
51. LOPES, M. S. Solos e adubação da Cultura do arroz irrigado. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, 43(391):3 -7, jul/ago. 1990.
52. LOPEZ, G. O. E. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre as relações entre zinco e fósforo na nutrição da planta. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 31:467-83, 1974.
53. 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, Porto Alegre, 1983. *Anais...* Porto Alegre, IRGA, 1983. p.
54. MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

55. MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA de **Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1989. 201p.
56. MANDAL, L. N. & DAS, R. K. Transformation of applied water soluble phosphate in acidic lowland rice soils. **Soil Science**, Maryland, 110(4):263, Oct. 1970
57. _____ & HALDAR, M. Influence of phosphorus and zinc application on the availability of zinc, copper, iron, manganese, and phosphorus in waterlogged rice soils. **Soil Science**, Maryland, 130(5):251-7, Nov. 1980.
58. MASCARENHAS, R. E. B. **Manejo de água em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em várzea do rio Guamá, estuário amazônico, Belém-Pará**. Piracicaba, ESALQ, 1987. 63p. (Dissertação MS)
59. MENEZES, V. G. Produção de arroz no Brasil. **Lavoura arrozeira**, Porto Alegre, 40(372):21-31, maio/jun. 1987.
60. MORAES, J. F. V. Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de oxiredução e a disponibilidade do fósforo no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 8(7):93-101, 1973.
61. _____ & FREIRE, C. J. S. Influência da profundidade da água de inundação sobre o crescimento e a produção do arroz, *Oryza sativa* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, 9(9):45-8, 1974.
62. MOTTA, A. C. V. **Avaliação da disponibilidade de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais**. Lavras, ESAL. 1988. 95p. (Dissertação MS).
63. MOURA FILHO, G. **Disponibilidade de fósforo em amostras de solos de várzeas**. Viçosa, UFV, 1990. (Tese MS).

64. MURTHY, A. S. P. Zinc fractions in wetland rice soils and their availability to rice. *Soil Science*, Maryland, 133(3):150-4, Mar. 1980.
65. NIKOLAEVA, S. A.; TSVETNOVA, O. B. & SHCHEGLOV, A. I. Phosphate regime features of rice field soils in lower kubon river delta. *Soil chemistry*, Pochvovedenie, 41(4):7-13, 1986.
66. NOVAIS, R. F. de; BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V.; FAJARDO, C. M. & AMARAL, F. A. L. Níveis ótimos de NPK na adubação de arroz irrigado em solos de várzea da zona da mata, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 19(101):63-77, jan/fev. 1972.
67. OLIVEIRA, C. A. da S. Determinação de condutividade hidráulica e da curva de retenção de água no solo com um método simples de campo. Brasília, EMBRAPA/CNPH. 1988. (Circular Técnica, 6). 9p.
68. OU, S. H. Rice Diseases. 2ª ed. Slogh, CAB International, 1987. 380 p.
69. PANDE, H. K. & MITTRA, B. N. Response of lowland rice to varying levels of soil, water and fertility management in different seasons. *Agronomy Journal*, Wisconsin, 62(2):197-200, Mar/Apr. 1970.
70. PATRICK JUNIOR, W. H. & KHALID, R. A. Phosphate release and sorption by soils and sediments: effect of aerobic and anaerobic conditions. *Soil Science*, Maryland, 136(4):53-5, Oct. 1974.
71. _____ & MAHAPATRA, I. C. Transformation and availability to rice nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. *Advance in Agronomy*, New York, 20:323-59, 1968.

72. PONNAMPERUMA, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. **Advance in Agronomy**, New York, 24:29-96, 1972.
73. PRABHU, A. S. & BEDENDO, I. P. As principais doenças do arroz no Brasil. Goiania, EMBRAPA/CNPAF, jan. 1982, 31 p. (Documentos nº 2) s.d.
74. ----- . Controle das principais doenças de arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 14(161):58-63. jun. 1989.
75. RAUJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Campinas. POTAFOS, 1991. 343p.
76. REDDY, K. R. & RAO, P. S. C. Nitrogen and phosphorus fluxes from a flooded organic soil. **Soil Science**, Maryland, 136(5):300-7, Nov. 1983.
77. REDDY, B. B. ; GHOSH, B. C. & PANDA M. M. Flood tolerance of rice at different crop growth stages as affected by fertilizer application. **Plant and Soil**, Netherlands, 83:255-63, 1985.
78. SAHA, K. C. & MANDAL L. N. Effect of algal growth on the availability of phosphorus, iron and manganese in rice soils. **Plant and Soil**, Netherlands, 52(2):139-49, July 1979.
79. SAHRAWAT, K. L. Iron toxicity to rice on acid sulfate soil as influenced by water regimes. **Plant and Soil**, Netherlands, 51(1):143-4, Feb. 1979.
80. SAMIEL, A. & SINGH, B. Evaluation of air-dry and submerged soil samples for measuring critical available phosphorus levels in alkaline wetland rice soils. **Jouranl of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, 35:58-62, 1987.
81. SANCHEZ, P. A. **Properties and management of soil in the Tropics**. New York, John Willey, 1976. 618 p.

82. SANTOS, J. R. M. & GALVÃO, E. V. P. Avaliação de doenças em germoplasmas de arroz em várzea e em terra firme no Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 24(12):1483-88, dez. 1989.
83. SAVANT, N. K. & ELLIS JUNIOR, R. Changes in the redox potencial and phosphorus availability in submerged soil. *Soil Science*, Maryland, 98(1):388-94, 1964.
84. SCALCO, M. S. Efeito do Manejo de água no crescimento e absorção de N, P, K, Fe, Mn e Zn pelo arroz (*Oryza sativa* L., cv. "IAC - 25). Lavras, ESAL, 1983. 90p. (Dissertação de mestrado).
85. SINGH, M. & SINGH, S. P. Zinc and phosphorus interaction in submerged paddy. *Soil Science*, Maryland, 129(5):282-9, May 1980.
86. _____ & _____. Effects of zinc and phosphorus on absorption of iron and nitrogen by submerged paddy. *Soil Science*, Maryland, 135(2):71-78, Feb. 1983.
87. _____; YADAV, D. S. & KUMAR, V. Leaching and transformation of urea in dry and wet soil as affected by irrigation water. *Plant and Soil*. Netherlands, 81(3):411-20, Dec. 1984.
88. SOAVE, J.; FURLANI, P. R. & AZZINI, L. E. Relação entre o estado nutricional do arroz (*Oryza sativa* L.) e a susceptibilidade a *Piricularia oryzae* Cav. agente causal do brusone. *Summa Phytopatologica*, Piracicaba, 3(2):117-23, abr/jun. 1977.
89. STONE, L. F.; LIBARDI, P. & REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(6):695-707, June 1984.

90. TOLLEY, M. D.; DELAUNE, R. D. & PATRICK JUNIOR, W. H. The effect of sediment redox potencial and soil acidity on nitrogen uptake, anaerobic root respiration, and growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*, Netherlands, 93(3):323-31, July 1986.
91. TROLLDENIER, G. Mineral nutrition and reduction processes in the rhizosphere of rice. *Plant and Soil*, Netherlands, 47(1):193-202, May 1977.
92. TSUTSUI, H. Manejo de água para a produção de arroz - 2ª parte. *Lavoura arrozeira*, Porto Alegre, 25(269):36-41, 1972.
93. VAN DER VORM, P. D. J. & VAN DIEST, A. Aspects of the Fe and Mn nutrition of rice plants. *Plant and Soil*. Netherlands, 52(1):19-29, June 1979.
94. VERMA, T. S. & MINHAS, R. S. Effect of iron and manganese interaction on paddy yield and iron manganese nutrition in silicon-treated and untreated soils. *Soil Science*, Maryland, 147(2):107-14, Feb. 1989.
95. _____ & TRIPATHI, B. R. Zinc and iron interaction in submerged paddy. *Plant and Soil*, Netherlands, 72(1):107-16, May 1983.
96. VETTORI L. *Métodos de Análise de solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
97. VILLARRAGA, A. L. & ANDRADE, E. Principales enfermedades en el cultivo del arroz: Sintomatología, epidemiología y control. *Arroz*, Bogotá, 31(321):8-20, Nov/Dic. 1982.

98. VLEK, P. L. G.; BYRNES, B. H. & CRASWELL, E.T. Effect of urea placement on leaching losses of nitrogen from flooded rice soils. *Plant and Soil*, Netherlands, 54(3):441-9, Apr. 1980.
99. VOMOCIL, J.A. Parasity. In: BLACK, C. A., ed. *Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling*. Medison, American Society Agronomy, 1965. p. 299-314. (Agronomy, 9).
100. WATER mannagement is key to rice profits. *Rice Journal*, Mclean, 91(2):16-21, Mar. 1988.
101. WALLIHAM, E. F.; MOOMAW, J. C. & DE DATTA, S. K. Variable optimum concentration of nitrogen in rice plants. *Soil Science*, Maryland, 118(4):263-6, Oct. 1974.
102. YOSHIDA, S. *Fundamentals of rice crop science*. Los Banos, IRRI, 1981. 269 p.

APENDICE

TABELA 1 : Teor de fósforo (ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)					Níveis de água							
	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	19.66a	20.00a	18.66a	19.44	43.66a	44.00a	43.66a	43.77	4.00a	5.00a	5.00a	4.55
100	26.66a	27.33a	27.00a	26.99	57.00a	44.33a	51.00a	50.77	7.00b	10.00ab	11.16a	9.38
200	35.33a	34.33a	38.00a	35.88	69.00a	66.00a	76.00a	70.33	14.33a	12.33ab	10.00b	12.22
400	56.00AB	47.33B	64.66A	55.99	98.00a	92.00ab	81.00b	90.33	30.66A	28.00A	20.33B	26.33
Média	34.41	32.24	37.08	34.57	66.91	61.58	62.91	63.80	13.99	13.83	11.62	13.13
CV = 15.29%				CV = 11.26 %				CV = 14.05%				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1% respectivamente.

TABELA 2 : Teor de potássio (ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	47.66A	28.33B	23.33B	33.10	47.0A	28.00B	26.33B	33.77	36.00C	99.66A	62.66B	66.10
100	41.33A	23.33B	25.66B	30.10	39.66A	27.66B	26.66B	31.32	12.66a	11.00a	9.00a	10.88
200	37.33A	25.66B	23.66B	28.88	35.33A	27.33AB	26.00B	29.55	14.00a	10.33a	9.00a	11.11
400	39.66A	25.00B	24.33B	29.66	34.00A	28.33AB	24.33B	28.88	14.66a	11.66a	8.66a	11.66
Média	41.49	25.58	24.24	30.43	38.99	27.83	25.83	30.88	19.33	33.16	22.33	24.93
	CV = 13.59%				CV = 10.95 %				CV = 29.87%			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1% respectivamente.

TABELA 3 : Teor de ferro(ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HD			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	286.66B	519.50A	533.33A	446.49	132.30B	185.50A	177.33A	165.04	48.10B	94.40A	89.69A	77.39
100	231.83B	505.83A	547.66A	428.44	106.09B	184.16A	176.50A	155.58	56.66B	147.03A	158.03A	120.57
200	218.33B	504.83A	533.83A	418.99	111.23B	185.75A	199.83A	165.60	54.60B	133.86B	168.13A	118.86
400	218.00C	467.83B	618.66A	433.83	105.06B	187.16A	201.83A	164.68	53.89C	133.80B	171.80A	119.83
Média	237.95	499.49	558.37	431.93	113.67	185.64	188.87	162.72	53.31	127.27	146.91	109.16
CV = 8.31 %				CV = 5.63 %				CV = 9.20 %				

- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1%.

TABELA 4 : Teor de manganês (ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		40.59B	59.69A	52.03AB	50.77	9.76B	13.03B	18.63A	13.80	4.00B	9.83A	9.03A	7.62
100		33.96B	55.23A	55.26A	48.15	12.39a	12.96a	14.60a	13.31	3.03B	6.13A	6.03A	5.06
200		33.26B	57.39A	53.79A	48.14	14.76AB	13.03B	17.63A	15.14	3.73B	5.23AB	6.03A	4.99
400		31.46B	56.56A	56.26A	48.09	14.53AB	13.63B	17.60A	15.25	3.90B	5.26AB	6.40A	5.18
Média		34.81	57.21	54.33	48.78	12.86	13.16	17.11	14.37	3.66	6.61	6.87	5.71
		CV = 10.57 %				CV = 9.84 %				CV = 11.29%			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1% respectivamente.

TABELA 5 : Teor de zinco(ppm) no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	7.60a	6.53a	6.90a	7.01	3.63a	3.80a	3.43a	3.62	3.70a	4.33a	3.70a	3.91
100	6.50a	5.43a	7.10a	6.34	3.40a	3.23a	3.40a	3.34	2.70b	3.83a	2.73b	3.08
200	6.46a	6.36a	7.06a	6.62	3.60a	3.03a	3.63a	3.51	3.36a	3.60a	2.96a	3.30
400	6.16a	6.73a	7.00a	6.63	4.20a	3.53a	3.33a	3.68	3.33a	3.33a	2.66a	3.10
Média	6.68	6.26	7.01	6.65	3.70	3.42	3.44	3.53	3.27	3.77	3.01	3.35
CV = 13.80 %				CV = 13.43 %				CV = 13.67 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

TABELA 6 : Teor de alumínio no solo em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	0.16a	0.23a	0.20a	0.19	0.50a	0.60a	0.60a	0.56	1.36a	1.20a	1.20a	1.25
100	0.20AB	0.13B	0.30A	0.21	0.43b	0.56a	0.56a	0.51	0.80B	1.23A	1.23A	1.08
200	0.20a	0.20a	0.26a	0.22	0.46a	0.50a	0.50a	0.48	1.10a	1.26a	1.23a	1.19
400	0.16a	0.23a	0.16a	0.18	0.46a	0.50a	0.43a	0.46	1.20a	1.20a	1.20a	1.20
Média	0.18	0.19	0.23	0.20	0.46	0.54	0.52	0.50	1.11	1.22	1.21	1.18
CV = 25.64 %				CV = 11.29%				CV = 8.31 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 7 : Teor de nitrogênio na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				H0			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	0.46B	0.73A	0.75A	0.64	0.54a	0.50a	0.61a	0.55	1.10A	1.12A	0.62B	0.94
100	0.48B	0.82A	0.95A	0.75	0.50a	0.48a	0.44a	0.47	0.44a	0.54a	0.63a	0.53
200	0.47B	0.69B	0.95A	0.70	0.45a	0.45a	0.53a	0.47	0.49a	0.49a	0.63a	0.53
400	0.49B	0.74A	0.90A	0.71	0.46a	0.50a	0.58a	0.51	0.62a	0.66a	0.59a	0.62
Média	0.47	0.74	0.88	0.70	0.48	0.48	0.54	0.50	0.66	0.70	0.61	0.65
CV = 12.78 %				CV = 11.96 %				CV = 14.90 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 8 : Teor de nitrogênio nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				H0			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	1.18B	1.66A	1.59A	1.47	1.18B	2.02A	1.48B	1.56	1.48a	1.53a	1.54a	1.51
100	1.46B	1.86A	1.64AB	1.65	1.26a	1.48a	1.46a	1.40	1.46a	1.51a	1.40a	1.45
200	1.50a	1.62a	1.71a	1.61	1.55a	1.32a	1.56a	1.47	1.50a	1.49a	1.45a	1.48
400	1.52a	1.72a	1.66a	1.63	1.31a	1.54a	1.55a	1.46	1.60a	1.38a	1.39a	1.45
Média	1.41	1.71	1.65	1.59	1.32	1.59	1.51	1.47	1.51	1.47	1.44	1.47
CV = 8.58 %				CV = 12.65%				CV = 10.08 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 9 : Teor de fósforo na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.), em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	0.04C	0.23B	0.31A	0.19	0.03B	0.07B	0.15A	0.08	0.05a	0.03b	0.03ab	0.036
100	0.08C	0.21B	0.31A	0.20	0.04B	0.12A	0.15A	0.10	0.02b	0.04a	0.04a	0.033
200	0.07C	0.20B	0.28A	0.18	0.07B	0.11AB	0.15A	0.11	0.04a	0.02b	0.03ab	0.03
400	0.11B	0.23A	0.30A	0.21	0.02B	0.16A	0.20A	0.12	0.05AB	0.07A	0.04B	0.053
Média	0.07	0.21	0.30	0.19	0.04	0.11	0.16	0.10	0.04	0.04	0.03	0.038
CV = 15.06 %				CV = 20.37 %				CV = 23.28 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 10 : Teor de fósforo nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
					I ₁	I ₂	I ₃	Média				
0	0.35a	0.36a	0.37a	0.36	0.25a	0.37a	0.37a	0.33	0.10a	0.08a	0.07a	0.08
100	0.30a	0.35a	0.32a	0.32	0.28b	0.36a	0.34ab	0.32	0.22a	0.21a	0.20a	0.21
200	0.33a	0.40a	0.33a	0.35	0.31b	0.36ab	0.41a	0.36	0.20a	0.21a	0.24a	0.21
400	0.34a	0.37a	0.29a	0.33	0.28a	0.36a	0.35a	0.33	0.21B	0.25AB	0.28A	0.24
Média	0.33	0.37	0.32	0.34	0.28	0.36	0.36	0.33	0.18	0.18	0.19	0.18
CV = 14.01 %					CV = 11.69 %				CV = 14.31 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 11: Teor de potássio na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)					<u>Níveis de água</u>							
	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	0.58a	0.54a	0.40a	0.50	0.87a	1.04a	1.02a	0.97	1.51a	1.27b	1.46ab	1.41
100	0.34b	0.52ab	0.61a	0.49	1.10a	0.95ab	0.77b	0.94	0.69a	0.63a	0.60a	0.64
200	0.41a	0.47a	0.39a	0.42	1.09A	0.98A	0.47B	0.84	0.57a	0.58a	0.69a	0.61
400	0.58a	0.60a	0.74a	0.64	0.86A	1.05A	0.48B	0.79	0.60a	0.55a	0.64a	0.59
Média	0.47	0.53	0.53	0.51	0.98	1.00	0.68	0.88	0.84	0.75	0.84	0.81
CV = 24.10 %				CV = 15.68 %				CV = 12.95 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 12 : Teor de potássio nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de						Níveis de água							
P ₂ O ₅	(mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		0.49a	0.42b	0.46ab	0.45	0.41a	0.44a	0.44a	0.43	0.38a	0.43a	0.35a	0.38
100		0.43B	0.43B	0.53A	0.46	0.34b	0.44a	0.41ab	0.39	0.32a	0.35a	0.38a	0.35
200		0.46a	0.44a	0.44a	0.45	0.44a	0.47a	0.43a	0.44	0.39a	0.38a	0.39a	0.38
400		0.42a	0.40a	0.46a	0.42	0.42a	0.41a	0.40a	0.41	0.38a	0.42a	0.46a	0.42
Média		0.45	0.42	0.47	0.44	0.40	0.44	0.42	0.42	0.36	0.39	0.39	0.38
		CV = 7.17 %				CV = 10.32 %				CV = 14.21 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 13 : Teor de cálcio na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de												
P ₂ O ₅	Níveis de água											
(mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	0.63a	0.72a	0.70a	0.68	0.54a	0.59a	0.55a	0.56	0.47a	0.48a	0.59a	0.51
100	0.57B	0.76A	0.66AB	0.66	0.60a	0.56a	0.57a	0.57	0.50a	0.59a	0.59a	0.56
200	0.60B	0.70AB	0.77A	0.69	0.55a	0.60a	0.59a	0.58	0.50b	0.58ab	0.65a	0.57
400	0.58B	0.72A	0.60AB	0.63	0.57a	0.62a	0.66a	0.61	0.49b	0.55a b	0.64a	0.56
Média	0.59	0.72	0.68	0.66	0.56	0.59	0.59	0.58	0.49	0.55	0.61	0.55
CV = 7.28 %				CV = 10.60 %				CV = 12.11 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

[REDACTED]

TABELA 14 : Teor de cálcio nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅						Níveis de água							
(mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		0.26a	0.29a	0.29a	0.28	0.11B	0.19A	0.20A	0.16	0.15a	0.14a	0.12a	0.13
100		0.26a	0.26a	0.32a	0.28	0.14b	0.18a	0.17ab	0.16	0.14a	0.19a	0.19a	0.17
200		0.24a	0.21a	0.25a	0.23	0.12B	0.17A	0.19A	0.16	0.16a	0.16a	0.17a	0.16
400		0.24a	0.22a	0.23a	0.23	0.17a	0.18a	0.19a	0.18	0.17a	0.17a	0.16a	0.16
Média		0.25	0.24	0.27	0.25	0.13	0.18	0.18	0.16	0.15	0.16	0.16	0.15
CV = 15.87 %						CV = 10.51 %				CV = 13.11 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 15 : Teor de magnésio na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅						Níveis de água							
(mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		0.38a	0.35a	0.38a	0.37	0.23a	0.26a	0.27a	0.25	0.19a	0.17a	0.16a	0.17
100		0.41a	0.40a	0.35a	0.38	0.32a	0.28a	0.31a	0.30	0.31a	0.31a	0.31a	0.31
200		0.41a	0.37a	0.39a	0.39	0.38a	0.30a	0.32a	0.33	0.40a	0.33a	0.37a	0.36
400		0.42A	0.41A	0.30B	0.37	0.36a	0.29a	0.32a	0.32	0.38a	0.37a	0.40a	0.38
Média		0.40	0.38	0.35	0.38	0.32	0.28	0.30	0.30	0.32	0.29	0.31	0.30
		CV = 9.92 %				CV = 15.78 %				CV = 13.11 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 16 : Teor de magnésio nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de P ₂ O ₅ (mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
						I ₁	I ₂	I ₃	Média				
0		0.14a	0.13a	0.13a	0.13	0.09b	0.13ab	0.14a	0.12	0.06a	0.06a	0.05a	0.05
100		0.13a	0.14a	0.13a	0.13	0.08B	0.13A	0.13AB	0.11	0.09a	0.11a	0.12a	0.10
200		0.13a	0.15a	0.12a	0.13	0.13a	0.13a	0.14a	0.13	0.13a	0.12a	0.12a	0.12
400		0.13a	0.13a	0.11a	0.12	0.12a	0.13a	0.10a	0.11	0.13a	0.14a	0.15a	0.14
Média		0.13	0.13	0.12	0.13	0.10	0.13	0.12	0.12	0.10	0.10	0.11	0.10
CV = 10.04 %						CV = 15.06 %				CV = 15.34 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 17 : Teor de enxofre na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de												
P ₂ O ₅ (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	<u>Níveis de água</u>				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	0.22a	0.16a	0.09a	0.15	0.02B	0.04AB	0.06A	0.04	0.09A	0.03B	0.05AB	0.05
100	0.16a	0.16a	0.12a	0.14	0.02B	0.08A	0.06A	0.05	0.08A	0.01B	0.05AB	0.04
200	0.18ab	0.30a	0.15b	0.21	0.05B	0.06B	0.12A	0.07	0.04B	0.17A	0.14A	0.11
400	0.16a	0.09a	0.09a	0.11	0.07a	0.04a	0.07a	0.06	0.09a	0.06a	0.07a	0.07
Média	0.18	0.17	0.11	0.15	0.04	0.05	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06

CV = 43.08 %

CV = 22.56 %

CV = 32.12 %

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 18 : Teor de enxofre nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
						I ₁	I ₂	I ₃					
0		0.12a	0.09ab	0.08b	0.09	0.05AB	0.04B	0.08A	0.05	0.05b	0.06ab	0.13a	0.08
100		0.06a	0.08a	0.10a	0.08	0.12A	0.04B	0.06B	0.07	0.14a	0.12ab	0.07b	0.11
200		0.06a	0.07a	0.08a	0.07	0.06a	0.07a	0.08a	0.07	0.20A	0.15A	0.05B	0.13
400		0.15A	0.07B	0.07B	0.09	0.03B	0.05B	0.19A	0.09	0.07a	0.05a	0.10a	0.07
Média		0.09	0.07	0.08	0.08	0.06	0.05	0.10	0.07	0.11	0.09	0.08	0.09
		CV = 25.42 %				CV = 13.87 %				CV = 34.42 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 19 : Teor de ferro (ppm) na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅	<u>Níveis de água</u>												
(mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	
0	131.00B	305.33A	324.66A	253.66	113.66B	198.33AB	327.33A	213.10	73.00B	125.33A	103.33AB	100.55	
100	133.33B	278.00A	346.66A	252.66	136.66B	191.33AB	305.00A	210.99	96.00b	115.00ab	141.00a	117.33	
200	121.33B	317.33A	355.00A	264.55	111.00B	201.00B	395.33A	235.77	90.50B	109.00B	189.33A	129.61	
400	122.66C	270.66B	440.33A	277.88	157.66B	222.00B	382.66A	254.10	81.00C	132.00B	223.66A	145.55	
Média	127.08	292.83	366.66	262.19	129.74	203.16	352.58	228.49	85.12	120.33	164.33	123.26	
		CV = 20.74 %				CV = 21.93 %				CV = 15.25 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 20 . Teor de ferro(ppm) nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	52.66a	33.66a	38.66a	41.66	16.00B	44.00A	33.00AB	31.00	15.00C	66.00B	172.66A	84.55
100	26.33a	49.33a	49.66a	41.77	18.33a	33.33a	21.33a	24.33	26.00b	27.66b	67.33a	40.33
200	48.33a	37.66a	56.33a	47.44	46.00a	35.66ab	25.66b	35.77	24.00B	37.00AB	75.66A	45.55
400	36.00b	62.66ab	68.33a	55.66	45.50a	30.33a	29.66a	35.16	21.00b	35.33ab	66.33a	40.88
Média	40.83	45.82	53.24	46.63	31.45	35.83	27.41	31.56	21.50	41.49	95.49	52.82
CV = 31.33 %				CV = 27.28 %				CV = 34.86 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

depo teste de Tukey ao nível de 2 e 1 % respectivamente.

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente

Tipos de solos											
HGP				HGH				HO			
Níveis de											
P 2O5											
(mg/kg)											
Níveis de solos											
Média				Média				Média			
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	25.60a	33.60a	38.60a	41.60	16.00B	44.00V	33.00VB	31.00	12.00C	60.00B	125.00V
100	30.33a	40.33a	40.60a	41.22	18.33a	33.33a	31.33a	34.33	50.00B	52.00B	62.33a
300	48.33a	32.00a	20.33a	42.41	46.00a	32.00ab	32.00B	32.22	54.00B	32.00VB	22.00V
400	30.00B	02.00ab	08.33a	22.60	42.20a	30.33a	20.00a	32.10	51.00B	32.33ab	00.33a
Média	40.83	42.82	23.24	40.03	31.42	32.83	32.41	31.20	51.20	41.40	02.40
CV = 31.33 %											
CV = 22.28 %											
CV = 34.80 %											

adaptação florestal e três níveis de água.

TABELA 20 Teor de ferro(ppm) nos solos de áreas (O) das castas (L) em três solos de várzea sob quatro níveis de

TABELA 21 : Teor de manganês (ppm) na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅		<u>Níveis de água</u>											
(mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	
0	942.60A	978.50A	97.70B	672.93	874.66a	784.33ab	638.00b	765.66	834.00A	782.33AB	670.33B	762.22	
100	751.60A	98.90B	94.10B	314.86	651.33a	763.00a	648.33a	687.55	490.00a	532.33a	461.33a	494.55	
200	729.00A	97.60B	97.50B	308.03	534.33B	811.33A	595.00AB	646.88	297.00B	497.33A	529.66A	441.33	
400	733.66A	97.20B	88.66B	306.50	557.33a	698.33a	673.33a	642.99	285.66B	496.66A	509.33A	421.55	
Média	789.21	318.05	94.49	400.58	654.41	764.24	638.66	685.77	476.66	570.41	542.66	529.91	
		CV = 10.54 %				CV = 15.29 %				CV = 11.32 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 22 : Teor de manganês (ppm) nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅						Níveis de água							
(mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		260.66B	542.50A	517.66A	440.27	163.66a	219.00a	221.66a	201.44	126.66a	220.66a	150.00a	165.77
100		243.33B	382.66B	655.33A	427.10	84.33B	245.00A	170.66AB	166.66	108.66B	299.33A	316.33A	241.44
200		290.00a	448.33a	452.66a	369.99	98.66a	178.00a	174.00a	150.11	96.33B	220.00AB	269.66A	195.33
400		256.33B	331.00B	558.33A	381.88	53.00B	175.66AB	213.00A	147.22	104.33B	231.66AB	282.33A	206.10
Média		262.58	426.12	545.99	411.56	99.91	204.41	194.83	166.38	108.99	242.91	254.58	202.16
		CV = 20.22 %				CV = 28.51 %				CV = 27.04 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 23 : Teor de zinco (ppm) na palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅ (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	<u>Níveis de água</u>				I ₁	I ₂	I ₃	Média	
	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	
0	99.79a	74.43a	90.90a	88.37	34.16B	63.83AB	76.46A	58.15	78.56A	47.50B	75.33AB	67.13	
100	85.03a	103.43a	84.26a	90.09	36.70a	57.03a	60.46a	51.39	80.79a	63.13a	72.03a	71.98	
200	97.26a	88.16a	97.50a	94.30	43.56b	52.46ab	72.76a	56.26	75.73a	64.70a	85.59a	74.67	
400	94.36a	94.23a	80.06a	89.55	48.43a	55.43a	69.50a	57.78	75.40a	75.23a	86.06a	78.89	
Média	94.11	90.06	88.18	90.78	40.71	57.18	69.79	55.89	77.62	62.64	79.25	73.17	
CV = 13.98 %				CV = 24.44 %				CV = 16.14 %					

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 24 : Teor de zinco(ppm) nos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de P ₂ O ₅ (mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
						I ₁	I ₂	I ₃	Média				
0		34.93a	57.03a	42.29ab	44.75	26.43a	35.73a	36.96a	33.04	24.43a	33.09a	21.80a	26.44
100		40.36b	60.53a	63.33a	54.74	19.73B	34.23AB	42.16A	32.04	32.46a	38.73a	41.00a	37.39
200		40.66a	43.63a	45.83a	43.37	27.86a	28.53a	38.39a	31.59	37.46a	45.39a	39.83a	40.89
400		43.53a	46.76a	48.00a	46.09	27.16a	41.66a	38.43a	35.75	38.36a	38.79a	42.36a	39.83
Média		39.87	51.98	49.86	47.23	25.29	35.03	38.98	33.10	33.17	39.00	36.24	36.13
CV = 20.62 %						CV = 22.75 %				CV = 15.36 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 25 : Peso da matéria seca (g/planta) da palha (folha + colmo) de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea, sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de						Níveis de água							
P ₂ O ₅ (mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		15.68a	16.64a	15.62a	15.98	28.89B	42.65A	45.03A	38.85	4.13a	1.33b	1.86b	2.44
100		21.70a	17.88b	18.79ab	19.45	31.95B	43.65A	45.51A	40.37	12.78a	13.50a	12.56a	12.94
200		19.81a	17.56a	17.25a	18.20	35.42B	37.86B	53.06A	42.11	18.03A	15.32AB	12.95B	15.43
400		20.54a	17.87a	19.53a	19.31	42.03B	47.05AB	51.60A	46.89	19.67A	17.20A	13.25B	16.70
Média		19.43	17.48	17.79	18.23	34.57	42.80	48.80	42.05	13.65	11.78	10.15	11.86
CV = 9.13 %					CV = 8.48 %					CV = 9.23 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 26 : Peso da matéria seca (g/planta) da raiz de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅						Níveis de água							
(mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		4.47B	6.30AB	7.78A	6.18	3.77B	5.78AB	7.14A	5.56	1.57a	1.02a	1.20a	1.26
100		6.44AB	6.30B	8.45A	7.06	3.73B	8.39A	8.98A	7.03	13.29B	19.00A	6.93C	13.07
200		5.59B	6.93AB	8.43A	6.98	4.05B	5.72B	9.15A	6.30	16.25B	20.69A	7.61C	14.85
400		6.23a	7.07a	7.47a	6.92	4.72B	6.69B	9.49A	6.96	16.18B	20.34A	7.09C	14.53
Média		5.68	6.65	8.03	6.78	4.06	6.64	8.69	6.46	11.82	15.26	5.70	10.92
CV = 11.54 %		CV = 15.92 %				CV = 13.65 %							

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 27 : Peso da matéria seca total (g/planta) de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos		HGP				HGH				HO			
Níveis de													
P ₂ O ₅						Níveis de água							
(mg/kg)		I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0		5.39a	3.35a	3.17a	3.97	6.38a	6.34a	5.89a	6.20	1.37a	0.64a	1.48a	1.16
100		4.71a	3.46a	2.21a	3.46	7.58a	6.62a	7.77a	7.32	4.35a	3.66a	4.36a	4.12
200		6.53A	5.06AB	2.84B	4.81	7.65a	9.13a	6.39a	7.72	4.88a	5.20a	5.47a	5.18
400		5.10a	4.71a	2.52a	4.11	8.00a	6.89a	5.37a	6.75	3.95a	4.76ab	6.22a	4.97
Média		5.43	4.14	2.68	4.08	7.40	7.24	6.35	6.99	3.63	3.56	4.38	3.85
		CV = 32.56 %				CV = 22.05 %				CV = 23.22 %			

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

TABELA 28 : Número de perfilhos por planta de arroz (*Oryza sativa* L.) em três solos de várzea sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HD			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	8.11a	7.33a	7.73a	7.72	5.33a	6.33a	6.33a	5.99	1.77a	0.00a	3.33a	1.70
100	10.44a	9.55ab	7.44b	9.14	6.55a	6.55a	5.99a	6.36	5.77a	6.22a	4.55a	5.51
200	8.77a	8.11a	7.99a	8.29	6.88a	6.55a	6.77a	6.73	9.21a	6.77a	7.77a	7.91
400	10.77a	8.21ab	7.44b	8.80	8.77A	6.88AB	6.77B	7.47	8.88a	8.74a	7.21a	8.27
Média	9.44	8.30	7.65	8.47	6.88	6.57	6.46	6.63	6.40	5.43	5.71	5.84
CV = 16.65 %				CV = 11.21 %				CV = 39.36 %				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1 % respectivamente.

QUADRO 29 : Avaliação da severidade de mancha parda (*Dreschlera oryzae* Breda de Haan), em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de												
P ₂ O ₅	Níveis de água											
(mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média	I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	3.75b	4.82a	4.95a	4.44	1.10b	1.82ab	2.10a	1.67	0.19a	0.22a	0.26a	0.22
100	3.35b	4.81a	4.86a	4.34	1.40b	2.37a	2.39a	2.05	0.46B	1.71A	2.68A	1.61
200	3.22B	5.25A	5.31A	4.59	1.83a	1.99a	2.46a	2.09	1.04B	1.39B	3.17A	1.86
400	3.07B	5.31A	5.06AB	4.48	1.62b	2.46ab	2.72a	2.26	0.84B	1.26B	2.82A	1.64
Média	3.30	5.04	5.04	4.46	1.48	2.16	2.41	2.01	0.63	1.14	2.23	1.33
CV = 13.14%				CV = 21.60 %				CV = 32.33%				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1% respectivamente.

QUADRO 30 : Avaliação da severidade de escaaldadura (*Gerlachia oryzae* Hashioka e Yokogi), em três solos de várzea cultivados com arroz (*Oryza sativa* L.) sob quatro níveis de adubação fosfatada e três níveis de água.

Tipos de solos	HGP				HGH				HO			
Níveis de P_2O_5 (mg/kg)	I ₁	I ₂	I ₃	Média	Níveis de água				I ₁	I ₂	I ₃	Média
0	5.06B	6.13B	8.13A	6.44	2.13B	4.13A	4.46A	3.57	0.26a	0.80a	0.93a	0.66
100	5.00B	7.40A	8.20A	6.86	2.93B	4.40AB	4.80A	4.04	1.43a	4.56a	3.73a	3.24
200	5.93B	5.53B	8.26A	6.57	2.50B	4.16A	4.56A	3.74	2.73B	4.33A	4.93A	3.99
400	5.06B	6.53B	8.36A	6.65	3.20b	4.53a	4.26ab	3.99	2.43c	3.60b	5.26a	3.76
Média	5.26	6.39	8.23	6.62	2.69	4.30	4.52	3.83	1.71	3.32	3.71	2.91
CV = 9.89%				CV = 15.72 %				CV = 18.29%				

- Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula para comparação na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 e 1% respectivamente.