

MANEJO DE ÁGUA NA CULTURA DO ARROZ: CONSUMO, OCORRÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS, ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS¹

LUIS FERNANDO STONE², JOSÉ ALOÍSIO ALVES MOREIRA e AUSTRELINO SILVEIRA FILHO³

RESUMO - Durante quatro anos foram conduzidos experimentos para se verificar o efeito do manejo de água no seu consumo, na ocorrência de plantas daninhas, na absorção de nutrientes e nas características produtivas do arroz (*Oryza sativa* L.), cvs. CICA 8 e CNA-1051 (Ajuricaba). Os tratamentos de manejo de água consistiram de: inundação contínua durante todo o ciclo; inundação intermitente durante todo o ciclo; inundação intermitente na fase vegetativa seguida de inundação contínua na fase reprodutiva; subirrigação pela elevação do lençol freático, com espaçamento de 0,20 m entre linhas de plantas, e subirrigação, com espaçamento de 0,30 m entre linhas. O consumo de água foi elevado em decorrência das altas perdas por percolação e fluxo lateral, que corresponderam de 61 a 91% do consumo total, dependendo do sistema de irrigação utilizado. A inundação intermitente propiciou economia de 71% de água. A inundação contínua reduziu a ocorrência de plantas daninhas e favoreceu a absorção de P e Fe, enquanto a subirrigação favoreceu a absorção de Mn. A combinação de inundação intermitente na fase vegetativa, com inundação contínua na fase reprodutiva, propiciou produções mais elevadas por favorecer o perfilhamento e a obtenção de elevado número de grãos por panícula, com maior peso dos grãos.

Termos para indexação: irrigação, inundação contínua, inundação intermitente, subirrigação, percolação, economia de água, *Oryza sativa*.

WATER MANAGEMENT: CONSUMPTION, WEED OCCURRENCE, NUTRIENT UPTAKE AND RICE YIELD

ABSTRACT - Experiments were carried out during four years in order to study the effects of water management, on its consumption, weed occurrence, nutrient uptake and rice (cv. CICA 8 and CNA-1051 Ajuricaba) yield. The treatments were: continuous flooding during entire cycle; intermittent flooding during entire cycle; intermittent flooding during vegetative phase followed by continuous flooding during reproductive phase; subsurface irrigation by raising the water table, with rows of 0.20 m wide; subsurface irrigation, with rows of 0.30 m wide. Water consumption was high due to high percolation and lateral flow losses of 61 to 91% of total water consumption, depending on the irrigation system. Intermittent flooding used 71% less water than continuous flooding, that, however, reduced weed occurrence and increased P and Fe uptake. Subsurface irrigation increased Mn uptake. Intermittent flooding during vegetative phase followed by continuous flooding during reproductive phase produced higher rice yield due to the increasement in tillering, number of grains/panicle, and grain weight.

Index terms: irrigation, continuous flooding, intermittent flooding, subsurface irrigation, percolation, water saving, *Oryza sativa*.

Aceito para publicação em 6 de março de 1989.

Eng. - Agr., Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPAP.

INTRODUÇÃO

A exploração das várzeas da região Centro-Oeste com a cultura do arroz irrigado é relativamente recente, se comparada com as regiões

tradicionalis de cultivo dessa cultura, como o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O sistema de irrigação usado nestas várzeas é o mesmo das regiões tradicionais, ou seja, inundação contínua. Há, contudo, necessidade de maiores estudos para saber se é o mais adequado. Estas várzeas são distintas das do Rio Grande do Sul, especialmente quanto às características físico-hídricas do solo, o que acarreta grandes diferenças no consumo de água. Nesse Estado predominam os Planossolos e, na região Centro-Oeste, os Gleys Pouco-Húmicos. Stone et al. (1980), em estudo conduzido em Goiânia, constataram que o consumo de água de uma cultura de arroz irrigado por inundação contínua, com lâmina estática, foi igual a 3.165 mm, tendo a percolação contribuído com 90% deste total. Por outro lado, Sanchet (1977), trabalhando no Rio Grande do Sul, registrou um consumo de apenas 851 mm para o mesmo sistema de irrigação, sendo a percolação responsável por 30% do total.

Tem-se verificado nas várzeas do Brasil Central, principalmente nas mais arenosas, decréscimo na produtividade do arroz após algumas colheitas. Uma hipótese que se formula é que esteja ocorrendo redução da fertilidade do solo em decorrência da lixiviação de nutrientes, causada por percolação excessiva. Huang (1982) observou correlação significativa e negativa entre a taxa de percolação e a produtividade do arroz. Panda et al. (1979) observaram que ocorreram maiores perdas de $N-NO_3$ por lixiviação em parcelas inundadas do que em parcelas saturadas, em decorrência da alta quantidade de água perdida através da percolação. Em solos arenosos, a percolação pode ser mais de duas vezes maior que a observada em solos argilosos (Kung et al. 1965). Além da textura, outros fatores como a altura da lâmina de água (Ferguson 1970) e o sistema de irrigação (Iruthayaraj 1978) afetam a percolação.

Os sistemas de irrigação para a cultura do arroz têm sido comparados por vários pesquisadores. A irrigação por inundação contínua normalmente propicia maior produtividade

(Wells & Shockley 1978, Navarez et al. 1979, Sharma & Rajat 1979, Iruthayaraj 1981, Sahrawat 1981), embora Subramanian et al. (1978), Sandhu et al. (1980) e Jha et al. (1981) tenham observado produtividades similares com inundação contínua e intermitente; a inundação contínua também propicia maior controle de plantas daninhas (Tsutsui 1972, Navarez et al. 1979, Iruthayaraj 1981), melhor controle da temperatura do solo e mais facilidade no manejo de água (Tsutsui 1972) em comparação com a inundação intermitente. Esta, por sua vez, exige menor volume de água (Subramanian et al. 1978, Sandhu et al. 1980) e promove maior aeração do solo, estimulando o perfilhamento e desenvolvimento radicular (Yamada 1964). Apesar da maior economia de água quando se usa este sistema de irrigação, ocorrem grandes perdas de N, atribuídas a nitrificação e desnitrificação (Wells & Shockley 1978, Sahrawat 1981). Panda et al. (1980) combinaram a saturação do solo até o perfilhamento com a inundação contínua, desta fase, até a maturação, obtendo vantagens dos dois sistemas, o que resultou em maior produtividade. Outro método de irrigação que está sendo usado nas várzeas não sistematizadas é o da subirrigação pela elevação do lençol freático durante o período de cultivo do arroz. O solo, normalmente, permanece saturado durante grande parte do ciclo da cultura. Nesse método há menor consumo de água do que com inundação contínua, porém, as plantas daninhas são um grande problema. Foi observado que este método de irrigação pode minimizar problemas de toxidez de Fe (Barbosa Filho et al. 1983), pois a absorção de Fe pelas plantas é menor com saturação do que com inundação contínua (Alva 1981, Verma & Tripathi 1981). Entretanto, Moraes (1980), para solo mineral, observou maior produtividade do arroz com 5 cm de altura de lâmina de água do que com o lençol freático a 30 cm ou mais de profundidade. De fato, diversos pesquisadores (Jah et al. 1978, Alva 1981, Panda et al. 1981) verificaram menor rendimento do arroz com saturação do solo do que com inundação contínua.

O objetivo deste trabalho foi o de comparar diferentes formas de manejo de água para as várzeas da região Centro-Oeste e seus efeitos no consumo, na ocorrência de plantas daninhas, na absorção de nutrientes e nas características produtivas de duas cultivares de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro experimento foi instalado em 06 de novembro de 1984, na Fazenda Palmital, do CNPAF, no município de Goianira, GO, em um solo Gley Pouco-Húmico, que recebeu adubação básica de 400 kg/ha, da fórmula 5-30-15. Foram feitas duas adubações em cobertura, aos 30 e 60 dias após a emergência, com 30 kg/ha de N, na forma de sulfato de amônio, aplicados no solo drenado. A análise granulométrica, até 80 cm de profundidade, em intervalos de 10 cm de espessura, pode ser vista na Tabela 1. A semeadura foi feita na densidade de 80 sementes/metro linear. Foi aplicado o herbicida pré-emergente bifenoX na dosagem de 9 litros/ha do produto comercial.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram instalados cinco tratamentos de manejo de água e, nas subparcelas, as cultivares CICA 8 e CNA-1051 (Ajuricaba). A primeira foi desenvolvida para cultivo sob inundação e a segunda para cultivo em várzea úmida. Os tratamentos de manejo de água foram os seguintes: M1 - inundação contínua durante todo o ciclo; M2 - inun-

dação intermitente durante todo o ciclo; M3 - inundação intermitente da emergência até a diferenciação de primórdio floral, seguida de inundação contínua até o final do ciclo; M4 - subirrigação pela elevação do lençol freático, com espaçamento de 0,20 m entre linhas de plantas; e M5 - idem a M4, com espaçamento de 0,30 m entre linhas, que é o recomendado para cultivo em várzea úmida (Santos 1985). Nos tratamentos M1, M2 e M3 o espaçamento entre linhas foi igual a 0,20 m, que é o recomendado para cultivo sob inundação. As parcelas, de 4 x 19 m nos tratamentos M1 a M4 e de 3,9 x 19 m no tratamento M5, foram isoladas por diques para manejo em separado da água de irrigação. As subparcelas tiveram dimensões de 4 x 8 metros nos tratamentos M1 a M4 e 3,9 x 8 m no tratamento M5. Até que as plantas tivessem altura suficiente para suportarem a lâmina de água, a irrigação de todos os tratamentos, quando necessária, foi feita através da colocação de lâminas de pequena espessura ("banhos"). Assim, os tratamentos de manejo de água foram iniciados 20 dias após a germinação do arroz. Após a colheita, todo o resíduo, até mesmo palhas de arroz que permaneceram na área, foram incorporados ao solo.

O segundo experimento foi instalado em 20 de setembro de 1985, no mesmo local, com algumas modificações em relação ao primeiro. A adubação básica foi de 350 kg/ha da fórmula 4-30-16 e foram feitas três adubações nitrogenadas em cobertura, aos 25, 54 e 74 dias após a emergência, com 36 kg/ha, 30 kg/ha e 30 kg/ha de N, respectivamente, na forma de sulfato de amônio. A necessidade de maior parcelamento e dosagem neste ano deveu-se ao

TABELA 1. Dados médios da análise granulométrica do solo da área experimental.

Profundidade (cm)	Análise granulométrica (%)			Classe textural
	Argila	Silt	Areia	
0 - 10	34,8	11,3	53,9	Argila arenosa
10 - 20	35,9	9,9	54,2	Argila arenosa
20 - 30	35,8	11,7	52,5	Argila arenosa
30 - 40	36,0	13,1	50,9	Argila arenosa
40 - 50	35,9	13,2	50,9	Argila arenosa
50 - 60	34,1	14,1	51,8	Argila arenosa
60 - 70	34,0	12,9	53,1	Argila arenosa
70 - 80	32,4	14,0	53,6	Franco argilo-arenoso

amarelecimento intenso das plantas, indicando severa deficiência de N nos períodos considerados.

O terceiro experimento foi instalado em 16 de setembro de 1986 e o quarto em 09 de outubro de 1987, também no mesmo local e nas mesmas condições do primeiro experimento, com exceção do herbicida usado no quarto experimento, butachlor, na dosagem de 5 litros/ha, do produto comercial.

Foram avaliados a produção e seus componentes, o consumo de água, a eficiência do uso da água, o número de plantas daninhas/m² aos 60 dias do plantio e na colheita, o peso seco das plantas daninhas na colheita e o teor e a quantidade de nutrientes na planta por ocasião da floração. Após cada cultivo foram feitas análises químicas do solo, de 10 em 10 cm, até 80 cm de profundidade, para se determinar o pH, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P.

O consumo de água foi medido com o auxílio de tubos de PVC de 1 m de comprimento e diâmetro de três polegadas (0,076 m), enterrados nos diques, e pelos quais se fazia a derivação da água. A descarga nesses tubos foi calculada pela fórmula seguinte, de largo emprego em Hidráulica, e mencionada por Azevedo Netto & Alvarez (1973):

$$Q = Cd S \sqrt{2gH} \quad (1)$$

onde:

Q = vazão, (m³/s)

Cd = coeficiente de descarga

S = seção de escoamento, (m²)

g = aceleração da gravidade, (m/s²)

H = carga inicial disponível, (m).

Para as condições de experimento tem-se:

Cd = 0,76, S = 0,00456 m², g = 9,8 m/s²

Expressando Q em l/min e H em cm, tem-se:

$$Q = 92,0646 \sqrt{H} \quad (2)$$

O volume de água colocado por irrigação foi calculado pela fórmula:

$$V = 92,0646 \sqrt{H} \cdot t \quad (3)$$

onde:

V = volume, (l)

t = tempo de irrigação, (min)

O consumo total de água, em cada parcela, foi dado pelo somatório dos volumes aplicados em cada irrigação durante o ciclo da cultura mais a precipitação. O volume foi transformado em altura da lâmina d'água através da divisão pela área da parcela,

Assim:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n V_i + P}{A} \quad (4)$$

onde:

L = altura da lâmina total aplicada, (mm)

A = área da parcela, (m²)

P = precipitação, (mm)

A percolação mais o fluxo lateral foram estimados pela diferença entre a lâmina total aplicada e a evapotranspiração da cultura, que foi estimada através da evaporação da superfície livre de água, de um tanque Classe A, e do coeficiente de cultivo (Kc). Os valores de Kc ao longo do ciclo da cultura, aqui usados, foram os obtidos por Steinmetz (1984) para a cultura do arroz irrigado por inundação contínua.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi feita a análise conjunta dos experimentos com relação aos parâmetros avaliados e são apresentadas e discutidas as médias dos quatro anos de experimentação.

O consumo de água foi afetado pelos tratamentos de manejo (Tabela 2), tendo sido maior no tratamento de inundação contínua, onde a carga hidráulica foi maior e persistiu por mais tempo. O tratamento M3, onde ocorreu inundação contínua durante um período do ciclo da cultura, apresentou o segundo maior consumo de água. O menor consumo foi verificado no tratamento com inundação intermitente. A utilização da inundação contínua em várzeas, como a da área experimental que apresentam teor de areia de, aproximadamente, 50%, resultou em um consumo de água cerca de oito vezes maior do que o observado por Sanchet (1977), no Rio Grande do Sul. Este elevado consumo de água decorreu das altas perdas por percolação e fluxo lateral verificadas, uma vez que a evapotranspiração apresentou valores médios, ao longo do ciclo do arroz, iguais a 4,1, 5,7 5,4 e 5,3 mm/dia, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto experi-

mentos, respectivamente. Dessa forma, a percolação e o fluxo lateral foram responsáveis por 61 a 91% do consumo total de água, dependendo do tratamento, o que concorda com Stone et al. (1980).

TABELA 2. Dados referentes a consumo de água, perdas por percolação e fluxo lateral em função de diferentes manejos (média de quatro anos).

Manejos ¹	Consumo de água		Percolação e fluxo lateral (mm/dia)
	mm	l/s/ha	
M1	7954 a	7,4 a	58,3 a
M2	2325 d	2,1 d	13,0 d
M3	5314 b	4,9 b	37,2 b
M4	3846 c	3,5 c	25,4 c
M5	3698 c	3,4 c	24,2 c

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

O número de perfilhos e panículas por m², foi menor nos tratamentos M5 e M1 (Tabela 3). No primeiro caso, em decorrência do maior espaçamento entre linhas utilizado. Esta redução foi acentuada, se compararmos com o tratamento M4, onde o manejo de água é igual ao M5, mas o espaçamento entre linhas é menor. No segundo caso, a presença de uma lâmina de água contínua durante a fase vegetativa inibiu o perfilhamento, o que concorda com Yamada (1964) e Stone et al. (1979).

O número de grãos por panícula, obtido no tratamento com inundação contínua durante todo o ciclo, foi significativamente superior aos obtidos nos tratamentos com inundação intermitente ou subirrigação, mas não diferiu do observado no tratamento com inundação contínua apenas na fase reprodutiva (Tabela 4). O peso de 100 grãos também apresentou tendência a ser maior nos tratamentos com inundação contínua durante todo o ciclo ou parte dele, apesar de diferir significativamente somente em relação ao tratamento M4. Estes resultados evidenciam a importância da presença da lâmina de água na fase reprodutiva do arroz para maximização destes componentes da produção, conforme verificaram Stone

TABELA 3. Dados referentes a número de perfilhos e de panículas por m² das cultivares de arroz CICA 8 e CNA-1051, em função dos diferentes manejos de água (média de quatro anos).

Manejos ¹	Número de perfilhos/m ²			Número de panículas/m ²		
	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média
M1	540,3	463,4	501,9 cd	529,4	448,3	488,8 c
M2	615,2	494,4	554,8 bc	605,6	480,6	543,1 b
M3	597,8	532,8	565,3 ab	582,6	519,1	550,8 ab
M4	653,2	574,2	613,7 a	640,7	554,5	597,6 a
M5	479,6	420,0	449,8 d	470,2	411,4	440,8 c
Média	577,2 A	497,0 B		565,7 A	482,8 B	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

TABELA 4. Dados referentes a número de grãos por panícula, percentagem de espiguetas estéreis e peso de 100 grãos das cultivares de arroz CICA 8 e CNA-1051 em função dos diferentes manejos de água (média de quatro anos).

Manejos ¹	Grãos/panícula (n°)			Espiguetas estéreis (%)			Peso de 100 grãos (g)		
	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média
M1	72,8	93,0	82,9 a	15,4	22,1	18,7 a	2,58	2,91	2,75 a
M2	62,3	77,5	69,9 bc	14,6	26,2	20,4 a	2,58	2,80	2,69 ab
M3	67,8	85,8	76,8 ab	13,9	24,4	19,2 a	2,62	2,89	2,75 a
M4	56,1	68,0	62,0 c	16,0	29,3	22,6 a	2,52	2,68	2,60 b
M5	63,0	72,3	67,7 bc	15,5	25,2	20,4 a	2,57	2,70	2,64 ab
Média	64,4 B	79,3 A		15,1 B	25,4 A		2,57 B	2,80 A	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

et al. (1979). Os tratamentos de manejo de água não afetaram de maneira significativa a percentagem de espiguetas estéreis.

A produção de grãos verificada no tratamento M3 foi superior às obtidas nos trata-

mentos com inundação intermitente ou subirrigação e não diferiu significativamente da obtida no tratamento com inundação contínua durante todo o ciclo (Tabela 5). A lâmina de água intermitente durante a fase vegetativa,

TABELA 5. Dados referentes a produção de grãos e eficiência do uso da água das cultivares de arroz CICA 8 e CNA-1051 em função dos diferentes manejos de água (média de quatro anos).

Manejos ¹	Produção de grãos (kg/ha)			Eficiência no uso da água (kg/mm)		
	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média
M1	5019	5244	5132 ab	0,62	0,65	0,64 b
M2	4699	4432	4566 bc	2,18	2,11	2,14 a
M3	5707	5324	5515 a	1,04	1,00	1,02 b
M4	4289	3688	3989 cd	1,29	1,12	1,21 b
M5	3868	3380	3624 d	1,21	1,09	1,15 b
Média	4716	4414		1,27	1,20	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

por favorecer o perfilhamento, contribuiu para a obtenção de elevado número de panículas por m², e a lâmina de água contínua durante a fase reprodutiva, contribuiu para a obtenção de elevado número de grãos por panícula e de maior peso dos grãos, explicando a maior produção observada neste tratamento. Panda et al. (1980) também obtiveram maiores rendimentos quando combinaram saturação, ao longo da fase vegetativa, com inundação contínua durante a fase reprodutiva. Como o aumento no consumo de água não resultou em aumento proporcional na produção de grãos, a eficiência do uso da água foi maior no tratamento onde foi utilizada a inundação intermitente, em decorrência do seu menor consumo de água.

Não houve diferença significativa entre as cultivares com relação à produção de grãos e à eficiência do uso da água. O maior número de panículas por m² e a menor esterilidade de espiguetas da cultivar CICA 8 foram compensados pelo maior número de grãos por panícula e peso dos grãos da 'CNA-1051'. É interessante observar que embora uma cultivar tenha sido desenvolvida para condições de irrigação por inundação e a outra para condições de várzea

úmida, não houve interação significativa entre cultivares e manejo de água.

Os diferentes manejos de água afetaram de maneira significativa o número e o peso da matéria seca das plantas daninhas (Tabela 6). No tratamento M5, onde não houve a presença de lâmina de água e o espaçamento entre linhas foi maior – não permitindo que a cultura fechasse tanto quanto nos demais tratamentos –, a incidência de plantas daninhas foi maior, apesar de só haver diferença significativa em relação aos tratamentos com lâmina de água contínua durante todo o ciclo ou parte dele. Tsutsui (1972), Navarez et al. (1979) e Iruthayaraj (1981) também observaram que a lâmina de água auxilia no controle das plantas daninhas.

Entre os nutrientes analisados, apenas P, Mn e Fe foram afetados significativamente pelos diferentes manejos de água (Tabela 7, 8 e 9). O teor de P nas plantas do tratamento irrigado por inundação contínua durante todo o ciclo foi maior do que nas plantas irrigadas por subirrigação. A maior disponibilidade do P em solos inundados também foi observada por Pande & Mitra (1970), Moraes & Freire

TABELA 6. Dados referentes a número e peso seco de plantas daninhas nos tratamentos com as cultivares de arroz CICA 8 e CNA-1051 em função dos diferentes manejos de água (média de quatro anos).

Manejos ¹	Plantas daninhas								
	Aos 60 DAE ² (nº/m ²)			Na colheita (nº/m ²)			Peso da mat. seca na colheita (g/m ²)		
	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média	'CICA 8'	'CNA-1051'	Média
M1	4,7	5,1	4,9 b	5,0	4,7	4,8 c	3,4	3,3	3,3 b
M2	17,7	15,6	16,6 ab	15,0	7,5	11,2 bc	23,5	18,3	20,9 ab
M3	10,4	11,2	10,8 b	5,3	2,3	3,8 c	9,7	6,9	8,3 b
M4	26,0	17,4	21,7 ab	33,1	24,9	29,0 ab	36,4	35,2	35,8 ab
M5	46,5	46,2	46,4 a	44,0	47,8	45,9 a	91,5	95,5	93,5 a
Média	21,1	19,1		20,5	17,4		32,9	31,8	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

² DAE - Dias após a emergência do arroz.

TABELA 7. Dados referentes aos teores e quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio absorvidos pelas cultivares de arroz CICA 8 e CNA-1051, em função dos diferentes manejos de água (média de quatro anos).

Manejos ¹	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	'CICA 8'	'CNA-1051' (%)	Média	'CICA 8'	'CNA-1051' (%)	Média	'CICA 8'	'CNA-1051' (%)	Média
M1	0,69	0,77	0,73 a	0,15	0,17	0,16 a	1,30	1,33	1,31 a
M2	0,77	0,82	0,79 a	0,13	0,16	0,15 ab	1,36	1,22	1,29 a
M3	0,75	0,76	0,76 a	0,14	0,14	0,14 ab	1,30	1,36	1,33 a
M4	0,79	0,79	0,79 a	0,12	0,12	0,12 b	1,33	1,20	1,26 a
M5	0,80	0,78	0,79 a	0,12	0,12	0,12 b	1,33	1,28	1,30 a
Média	0,76	0,78		0,13	0,14		1,32	1,28	
		(kg/ha)			(kg/ha)			(kg/ha)	
M1	72,2	78,6	75,4 a	15,6	17,1	16,3 ab	135,3	135,4	135,3 a
M2	88,3	89,2	88,8 a	14,8	17,5	16,2 ab	155,4	137,2	146,3 a
M3	100,7	95,4	98,1 a	17,7	17,7	17,7 a	173,1	167,2	170,1 a
M4	94,8	73,6	84,2 a	13,6	11,2	12,4 b	162,6	114,0	138,3 a
M5	93,8	74,3	84,0 a	13,5	11,4	12,4 b	161,0	126,3	143,6 a
Média	90,0	82,2		15,0	15,0		157,4	136,0	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

(1974) e Kakade & Sonar (1983). Moraes & Freire (1974) citam, dentre os fatores responsáveis por isto, o aumento do pH e, principalmente, a redução do fosfato férrico à forma mais solúvel de fosfato ferroso.

A absorção de Mn foi menor nos tratamentos onde foi aplicada uma lâmina de água contínua durante todo o ciclo ou parte dele (M1 e M3). Vários pesquisadores (Enyi 1968, Pande & Mittra 1970, Obermueller & Mikkelsen 1974, Verma & Tripathi 1981) observaram que as plantas de arroz absorvem menos Mn em condições de solo inundado, em comparação com solo saturado. Por sua vez, Senewiratne & Mikkelsen (1961) verificaram menor absorção de Mn em condições de inundação, também em relação a plantas de arroz cultivadas em solo não saturado. Pelo menos três causas têm sido apontadas como responsáveis pela menor absorção de Mn pelo arroz em condições de inundação: a maior absorção de Si, a menor absorção de nitrogênio nitrato e o

antagonismo entre Mn e Fe. A disponibilidade do Si aumenta, em condições de inundação, por causa da redução química do hidróxido férrico e complexos silicatados, e do aumento no pH do solo (Obermueller & Mikkelsen 1974). De acordo com Pande & Mittra (1970), a maior absorção de Si nestas condições reduz a absorção de Mn pelo fato de Si aumentar o poder oxidante das raízes do arroz, retardando a absorção de Fe e Mn. Entretanto, a maior absorção de Fe verificada com inundação em comparação com saturação do solo – no experimento desses pesquisadores –, foi atribuída à presença de maior quantidade de óxidos de Fe livres do que de óxidos de Mn livres. Segundo Senewiratne & Mikkelsen (1961), o nitrogênio nitrato favorece a acumulação de Mn. Como o arroz em solo inundado utiliza principalmente o nitrogênio amoniacal, a absorção de Mn é maior em condições de solo mais arejado, onde o arroz utiliza predominantemente o nitrogênio nitrato. Por sua vez, Enyi (1968) atribui

TABELA 8. Dados referentes aos teores e quantidade de cálcio, magnésio e zinco absorvidos pelas cultivares de arroz CICA 8 e CNA-1051, em função dos diferentes manejos de água (média de quatro anos).

Manejos ¹	Cálcio			Magnésio			Zinco		
	'CICA 8'	'CNA-1051' (%)	Média	'CICA 8'	'CNA-1051' (%)	Média	'CICA 8'	'CNA-1051' (ppm)	Média
M1	0,20	0,18	0,19	0,14	0,12	0,13	36,6	37,1	36,8
M2	0,21	0,19	0,20	0,14	0,11	0,13	39,0	37,0	38,0
M3	0,20	0,18	0,19	0,13	0,11	0,12	37,2	36,6	36,9
M4	0,18	0,19	0,19	0,15	0,12	0,14	44,5	42,3	43,4
M5	0,16	0,17	0,17	0,13	0,11	0,12	43,0	44,4	43,7
Média	0,19A	0,18A		0,14A	0,11B		40,0A	39,5A	
		(kg/ha)			(kg/ha)			(kg/ha)	
M1	21,2	18,7	20,0	14,6	11,9	13,3	0,38	0,37	0,38
M2	23,8	21,1	22,5	16,5	12,9	14,7	0,43	0,39	0,41
M3	27,3	22,9	25,1	17,1	14,6	15,8	0,46	0,45	0,46
M4	22,6	19,3	20,9	18,6	11,4	15,0	0,47	0,38	0,43
M5	19,1	17,1	18,4	15,3	11,2	13,3	0,48	0,44	0,46
Média	22,8A	20,0A		16,4A	12,4B		0,45A	0,41A	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

a um provável antagonismo entre Fe e Mn a menor absorção deste último elemento em condições de inundação. Em levantamento feito por Ottow et al. (1983) foi observado que folhas de arroz com alto teor de Fe apresentavam baixo teor de Mn e vice-versa. No presente trabalho, verifica-se também que plantas com alto teor de Fe apresentam baixo teor de Mn, com exceção do tratamento com inundação intermitente durante todo o ciclo, onde as plantas apresentaram altos teores tanto de Fe como de Mn.

A absorção de Fe foi menor nos tratamentos com subirrigação, onde não havia condições que favorecessem maior redução do solo. Em condições reduzidas ocorre a transformação do Fe³⁺ para Fe²⁺, que é mais solúvel. Desta maneira, a concentração de Fe na solução do solo aumenta, quando do conseqüente aumento na sua absorção. A maior absorção de Fe pelo ar-

roz em condições de inundação tem sido relatada por diversos pesquisadores (Pande & Mitra 1970, Verma & Tripathi 1981, Barbosa Filho et al. 1983, Kakade & Sonar 1983). Observa-se que a manutenção do solo úmido porém arejado, poderia reduzir a toxicidade de Fe em solos que apresentem este problema para a cultura do arroz, como observaram Barbosa Filho et al. (1983).

Apesar da elevada taxa de percolação verificada nos tratamentos com lâmina de água contínua durante todo o ciclo ou parte dele, o que, de acordo com Panda et al. (1979) pode conduzir a elevadas perdas de N por lixiviação, não houve diferença significativa entre os tratamentos de manejo de água com relação à absorção de N. O que deve ter ocorrido é que as perdas por lixiviação possivelmente se equipararam às perdas por nitrificação e desnitrificação, que, normalmente, são maiores

TABELA 9. Dados referentes aos teores e quantidade de manganês e ferro absorvidos pelas cultivares de arroz CICA 8 e CNA-1051, em função dos diferentes manejos de água (média de quatro anos).

Manejos ¹	Manganês			Ferro		
	'CICA 8'	'CNA-1051' (ppm)	Média	'CICA 8'	'CNA-1051' (ppm)	Média
M1	616	566	591 b	346	337	342 a
M2	1025	932	979 a	214	446	330 a
M3	616	575	595 b	321	434	378 a
M4	871	1032	951 a	162	170	166 b
M5	896	1030	963 a	141	252	197 b
Média	805A	827A		237B	328A	
		(kg/ha)			(kg/ha)	
M1	6,6	5,6	6,1 b	3,7	3,4	3,5 b
M2	11,5	10,8	11,1 a	2,4	5,0	3,7 ab
M3	7,4	7,2	7,3 ab	4,0	5,8	4,9 a
M4	9,9	10,3	10,1 a	1,6	1,6	1,6 c
M5	10,4	10,3	10,3 a	1,6	2,7	2,2 c
Média	9,2A	8,8A		2,7B	3,7A	

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

¹ M1 - inundaç o cont nua; M2 - inundaç o intermitente; M3 - inundaç o intermitente/cont nua; M4 - sub-irriga o, 20 cm entre linhas; e M5 - subirriga o, 30 cm entre linhas.

quando ocorrem secagem e molhamento alternados do solo (Wells & Shockley 1978), Sahrawat 1981), como nos tratamentos com inunda o intermitente e subirriga o. Pelo baixo teor de N nas plantas e pelo amarelecimento generalizado que ocorria pr ximo ao momento da aduba o nitrogenada em cobertura, independentemente do tratamento de manejo de  gua, pode-se inferir que perdas consider veis de N ocorreram de fato.

Nas Tabelas 10 a 15 s o apresentados o pH e os teores iniciais de Al, Ca, Mg, K e P no solo e a sua evolu o ap s quatro anos de cultivo, sob diferentes tratamentos de manejo de  gua. N o houve diferen as significativas entre os tratamentos com rela o ao pH e aos

TABELA 10. Dados referentes ao pH do solo, em diferentes profundidades, nos diversos tratamentos de manejo de  gua.

TABELA 10. Dados referentes ao pH do solo, em diferentes profundidades, nos diversos tratamentos de manejo de  gua.

Profundidade (cm)	pH									
	Inicial					Após quatro anos				
	M1 ¹	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
10	4,9	4,9	4,8	5,0	4,9	5,2	5,1	5,0	5,1	5,1
20	5,0	5,1	5,0	5,1	5,0	5,2	5,2	5,3	5,2	5,1
30	5,1	5,0	5,0	5,3	5,0	5,3	5,2	5,2	5,3	5,2
40	5,2	5,1	5,1	5,2	5,1	5,3	5,3	5,3	5,4	5,2
50	5,2	5,1	5,3	5,3	5,2	5,4	5,4	5,3	5,4	5,3
60	5,3	5,2	5,1	5,2	5,2	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
70	5,3	5,1	5,0	5,3	5,3	5,5	5,4	5,4	5,5	5,4
80	5,3	5,2	5,1	5,3	5,3	5,6	5,4	5,4	5,5	5,4

¹ M1 - inunda o cont nua; M2 - inunda o intermitente; M3 - inunda o intermitente/cont nua; M4 - sub-irriga o, 20 cm entre linhas; e M5 - subirriga o, 30 cm entre linhas.

¹ M1 - inunda o cont nua; M2 - inunda o intermitente; M3 - inunda o intermitente/cont nua; M4 - subirriga o, 20 cm entre linhas; e M5 - subirriga o, 30 cm entre linhas.

teores dos elementos analisados. De maneira geral, embora não significativos, os teores finais dos elementos foram mais elevados do que os iniciais. As exceções ficaram por conta do P e do K, nas camadas superiores do solo. O aumento do teor de K em profundidade (Fig. 1) mostra que a lixiviação do nutriente foi grande. Nos tratamentos com subirrigação

TABELA 11. Dados referentes aos teores de alumínio no solo, em diferentes profundidades, nos diversos tratamentos de manejo de água.

Profundidade (cm)	Teor de alumínio no solo (mE/100 ml)									
	Inicial					Após quatro anos				
	M1 ¹	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
10	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	1,3	1,2	1,4	1,0	1,0
20	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9
30	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,8	1,0	1,0	0,6	0,9
40	0,4	0,6	0,4	0,3	0,6	0,8	0,9	0,9	0,4	0,8
50	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	0,8	0,8	0,4	0,6
60	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,7	0,6	0,4	0,4
70	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3
80	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,6	0,6	0,4	0,2

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

TABELA 12. Dados referentes aos teores de alumínio no solo, em diferentes profundidades, nos diversos tratamentos de manejo de água.

Profundidade (cm)	Teor de cálcio no solo (mE/100 ml)									
	Inicial					Após quatro anos				
	M1 ¹	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
10	1,4	1,6	1,5	1,6	1,5	1,7	2,0	1,8	2,3	1,9
20	1,4	1,5	1,5	1,8	1,4	2,0	2,1	2,0	2,3	1,9
30	1,5	1,4	1,5	1,6	1,3	2,1	1,9	2,3	2,5	1,8
40	1,6	1,3	1,8	1,7	1,2	2,3	2,0	2,3	2,5	1,9
50	1,6	1,3	1,7	1,5	1,2	2,1	1,9	2,2	2,2	2,0
60	1,7	1,3	1,6	1,5	1,4	2,0	2,0	2,3	2,1	2,0
70	1,4	1,2	1,4	1,5	1,4	2,2	1,8	2,1	2,0	2,1
80	1,4	1,3	1,4	1,2	1,4	2,0	1,8	2,0	1,8	2,1

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

mada amostrada, pois não se observou uma zona de concentração do nutriente. Para os demais nutrientes, alumínio e pH, as variações foram pequenas.

e irrigação intermitente, houve um aumento maior do teor de K na camada de 25 a 40 cm, enquanto nos tratamentos com inundação contínua a lixiviação deve ter ultrapassado a ca-

TABELA 13. Dados referentes aos teores de magnésio no solo, em diferentes profundidades, nos diversos tratamentos de manejo de água.

Profundidade (cm)	Teor de magnésio no solo (mE/100 ml)									
	Inicial					Após quatro anos				
	M1 ¹	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
10	1,3	1,4	1,2	1,2	1,1	1,4	1,6	1,3	1,8	1,8
20	1,2	1,1	1,4	1,3	1,0	1,5	1,3	1,6	2,0	1,3
30	1,0	1,0	1,3	1,2	1,0	1,6	1,6	1,6	2,0	1,6
40	1,0	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,4	1,9	1,8	1,6
50	1,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,7	1,5	1,8	1,6	1,7
60	0,9	1,3	1,2	1,2	1,2	1,5	1,8	1,5	1,6	1,8
70	1,2	1,4	1,2	1,0	1,4	1,4	1,7	1,8	1,7	2,2
80	1,1	1,1	1,2	1,6	1,4	1,7	2,0	2,3	2,0	2,3

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - sub-irrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

TABELA 14. Dados referentes aos teores de potássio no solo, em diferentes profundidades, nos diversos tratamentos de manejo de água.

Profundidade (cm)	Teor de potássio no solo (ppm)									
	Inicial					Após quatro anos				
	M1 ¹	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
10	62	72	68	67	68	36	36	40	47	53
20	51	52	48	49	56	38	44	49	49	58
30	40	43	42	41	50	37	47	43	49	64
40	34	37	38	41	43	38	46	42	48	58
50	36	39	36	42	44	38	46	40	46	54
60	35	38	34	40	44	38	44	42	44	54
70	34	38	33	40	43	38	44	38	46	53
80	34	38	35	36	42	38	43	40	42	52

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - sub-irrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

TABELA 15. Dados referentes aos teores de fósforo no solo, em diferentes profundidades, nos diversos tratamentos de manejo de água.

Profundidade (cm)	Teor de fósforo no solo (ppm)									
	Inicial					Após quatro anos				
	M1 ¹	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
10	7,0	8,0	5,6	7,3	6,4	6,8	7,4	5,4	9,1	7,6
20	3,9	4,3	3,2	4,4	4,1	4,1	5,7	4,2	5,7	5,4
30	2,7	3,2	2,6	3,0	3,4	3,0	3,6	2,8	3,2	4,0
40	2,2	2,6	2,2	2,2	2,6	2,8	3,1	2,5	2,6	3,7
50	2,5	2,7	2,5	2,4	2,4	3,0	3,2	2,4	2,8	3,2
60	2,4	3,0	3,3	2,7	3,5	3,0	3,3	3,1	2,7	3,6
70	2,9	3,1	3,3	2,8	3,6	3,3	3,8	3,8	3,0	3,5
80	3,1	3,3	3,3	3,0	3,8	3,5	3,9	3,8	3,4	4,0

¹ M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - sub-irrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

CONCLUSÕES

1. Em várzeas arenosas, o consumo de água de uma lavoura de arroz é elevado em decorrência das altas perdas por percolação e fluxo lateral.

2. A inundação contínua durante todo o ciclo do arroz, ou parte dele, propicia um consumo de água relativamente mais elevado do que na inundação intermitente, e menor eficiência do uso da água.

3. A inundação contínua, por sua vez, reduz a ocorrência de plantas daninhas, quando comparada com outros sistemas de irrigação.

4. A inundação contínua favorece a absorção de P e Fe pelas plantas de arroz, enquanto a subirrigação favorece a absorção de Mn.

5. A combinação de inundação intermitente na fase vegetativa com inundação contínua na fase reprodutiva, propicia produções mais elevadas por favorecer o perfilhamento e a obtenção de elevado número de grãos por panícula, com maior peso dos grãos.

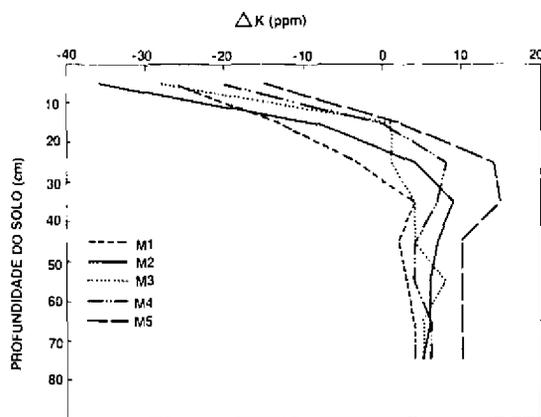


FIG. 1. Variação do teor de K no solo (K), após quatro anos de cultivo de arroz, sob diferentes tratamentos de manejo de água.

M1 - inundação contínua; M2 - inundação intermitente; M3 - inundação intermitente/contínua; M4 - subirrigação, 20 cm entre linhas; e M5 - subirrigação, 30 cm entre linhas.

REFERÊNCIAS

- ALVA, A.K. Changing concepts in paddy field water management. *Transactions of Indian Society of Desert Technology and University Centre of Desert Studies*, 6(2):5-8, 1981.
- AZEVEDO NETTO, J.M. de & ALVAREZ, G.A. **Manual de hidráulica**. 6. ed., São Paulo, Edgard Blucher, 1973. v.l. 333p.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo de água e calagem em relação à produtividade e toxicidade de ferro em arroz. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 18(8):903-10, 1983.
- ENYI, B.A.C. Comparative studies of upland and swamp rice varieties (*Oryza sativa* L.). I. Effect of soil moisture on growth and nutrient uptake. *J. Agric. Sci.*, 71:1-13, 1968.
- FERGUSON, J.A. The effect of flood depth on rice yield and water balance. *Arkansas Farm Res.*, 19(3):4, 1970.
- HUANG, M.H. The identification of soil physical properties related to the growth and yield of lowland rice. *J. Agric. Res. China*, 31(4):347-52, 1982.
- IRUTHAYARAJ, M.R. Effective rainfall, evapotranspiration and percolation loss in rice as influenced by different water management practices. *Indian J. Agric. Res.*, 12(4):231-6, 1978.
- IRUTHAYARAJ, M.R. Study on effect of water management practices and nitrogen levels on weed growth in two swamp rice varieties. *Agric. Sci. Digest*, 1(1):39-42, 1981.
- JHA, K.P.; CHANDRA, D.; CHALLAIAH, D. Irrigation requirement of high-yielding rice varieties grown on soils having shallow water-table. *Indian J. Agric. Sci.* 51(10):732-7, 1981.
- JHA, K.P.; MAHAPATRA, I.C.; DASTANE, N.G. Effect of moisture regimes, nutrient sprays on the grain yield and uptake of potassium and silicon in rice. *Riso*, 27(3):217-29, 1978.
- KAKADE, B.V. & SONAR, K.R. Nutrient uptake and yield of rice as influenced by moisture regimes. *Int. Rice Comm. Newsl.*, 32(1):38-40, 1983.
- KUNG, P.; ATTHAYODHIN, C.; KRUTHABANDHU, S. Determining water requirement of rice by field measurement in Thailand. *Int. Rice Comm. Newsl.*, 14(4):5-18, 1965.
- MORAES, H.N. de. **Perfil de extração, uso consuntivo de água e características agrônômicas do arroz (*Oryza sativa* L.) em solos mineral e orgânico usando cinco níveis de lençol freático**. Viçosa, UFV, 1980. 102p. Tese Mestrado.
- MORAES, J.F.V. & FREIRE, C.J.S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundações. *Pesq. agropec. bras., Série Agron.*, 9:35-43, 1974.
- NAVAREZ, D.C.; ROA, L.L.; MOODY, K. Weed control in wet-seeded rice grown under different moisture regimes. *Philippine J. Weed Sci.*, 6:23-31, 1979.
- OBERMUELLER, A.J. & MIKKELSEN, D.S. Effects of water management and soil aggregation on the growth and nutrient uptake of rice. *Agron. J.*, 66(5):627-31, 1974.
- OTTOW, J.C.G.; BENCKISER, G.; WATANABE, I.; SANTIAGO, S. Multiple nutritional soil stress as the prerequisite for iron toxicity of wetland rice (*Oryza sativa* L.). *Trop. Agric.*, 60(2):102-6, 1983.
- PANDA, S.C.; AUCHARYYA, N.; MISRA, B. Effect of irrigation schedules on the growth and yield of rice. *Food Farm. Agric.* 13(9/10):182-5, 1981.
- PANDA, S.C.; DAS, K.C.; MISRA, B.; SAHU, S.K.; ROUT, D. Effect of depth of submergence at different growth stages of dwarf indica rice on the growth, yield and nutrient uptake of crop and mineral contents of soil. I. Growth and yield of crop. *Oryza*, 17(2):85-91, 1980.
- PANDA, S.C.; SAHU, S.K.; MISRA, B. Leaching loss of nitrate nitrogen under different water table depths and water management practices in rice fields. *Oryza*, 16(2):107-12, 1979.
- PANDE, H.K. & MITTRA, B.N. Response of lowland rice to varying levels of soil, water, and fertility management in different seasons. *Agron. J.*, 62(2):197-9, 1970.

- SAHRAWAT, K.L. Influence of water regime on growth, yield, and nitrogen uptake of rice. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **12**(9):919-32, 1981.
- SANCHET, Z.P. Consumo de água de duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em três tratamentos de irrigação. Porto Alegre, UFRS, 1977. 90p. Tese Mestrado.
- SANDHU, B.S.; KHERA, K.L.; PRIHAR, S.S.; BALDEV SINGH. Irrigation needs and yield of rice on a sandy-loam soil as affected by continuous and intermittent submergence. *Indian J. Agric. Sci.*, **50**(6):492-6, 1980.
- SANTOS, A.B. dos. Práticas culturais na cultura do arroz irrigado. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1985. 11p. Relatório Final de Projeto de Pesquisa.
- SENEWIRATNE, S.T. & MIKKELSEN, D.S. Physiological factors limiting growth and yield of *Oryza sativa* under unflooded conditions. *Pl. Soil*, **14**(2):127-46, 1961.
- SHARMA, S.K. & RAJAT D.E. Effect of water regimes, levels of nitrogen and methods of nitrogen application on grain yield, protein percentage and nitrogen uptake in rice. *Riso*, **28**(1):45-52, 1979.
- STEINMETZ, S. Manejo de água na cultura do arroz. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 16p. Relatório Final de Projeto de Pesquisa.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da; AQUINO, A.R.L. de. Demanda de água da cultura de arroz irrigado. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1980. 4p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 5)
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da; OLIVEIRA, A.B. de; AQUINO, A.R.L. de. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção do arroz irrigado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **14**(2):105-9, 1979.
- SUBRAMANIAN, S.; SUNDARSINGH, S.D.; RAMASWAMI, K.P. Crop sequence studies under different irrigation regimes and manuring for Vaigai Periyar Command area. *Madras Agric. J.*, **65**(9):567-71, 1978.
- TSUTSUI, H. Manejo da água para produção de arroz. *Lav. arroz.*, (269):36-41, 1972.
- VERMA, T.S. & TRIPATHI, B.R. Effect of soil moisture and lime on the growth and iron and manganese nutrition of rice in an acid soil. *Oryza*, **18**(3):119-22, 1981.
- WELLS, B.R. & SHOCKLEY, P.A. Response of rice to varying flood regimes on a silt loam soil. *Riso*, **27**(2):81-7, 1978.
- YAMADA, N. Some problems in agronomy of irrigation and drainage. *Int. Rice Comm. Newsl.*, **14**(3):13-30, 1964.