

## CONSUMO DE ÁGUA EM ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO EM SISTEMA DE MULTIPLAS ENTRADAS

**DARÍO FERNANDO PINEDA SUÁREZ, RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ-ROMÁN**

Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, dariopineda@fedearroz.com.co, rmsroman@fca.unesp.br

### 1 RESUMO

O arroz é o cereal mais consumido no mundo e o método de irrigação por inundação é o mais empregado devido às condições agronômicas criadas que favorecem a obtenção de maior produtividade, mas também a um maior consumo de água. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o consumo de água no sistema de irrigação com distribuição de múltipla entrada na cultura do arroz. O experimento foi realizado durante a safra agrícola 2013/14 na área da várzea do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, no *Campus* Botucatu-SP, irrigando-se o arroz pelo método de irrigação por inundação intermitente dos tabuleiros e com altura de lâmina de água de 10 cm, com dois tratamentos, denominados MIRI para o tratamento de irrigação por distribuição de múltipla entrada e CONV para o tratamento de inundação convencional. O consumo total de água no tratamento MIRI totalizou uma lâmina de água de 1.754,8 mm, sendo este 8,62% menor que o tratamento CONV. Na eficiência no uso da água, com o tratamento MIRI obteve-se uma média de 4,11 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, sendo 9,73% maior que o CONV. Concluindo-se que MIRI é uma alternativa viável do ponto de vista de economia no uso da água para a produção de arroz.

**palavras-chave:** Lâmina de água, Inundação Intermitente, Distribuição, Balanço Hídrico, Eficiência.

### 2 ABSTRACT

**PINEDA SUÁREZ, D. F.; SANCHEZ ROMÁN, R. M.  
WATER CONSUMPTION IN FLOODED RICE THROUGH THE SYSTEM OF  
MULTIPLE INLET**

Rice is the most consumed cereal worldwide and flood irrigation method is the most used due to the agronomic conditions that not only favor higher productivity, but also higher water consumption. The objective of this study was to evaluate water consumption in an irrigation system with multiple inlet distribution in the rice culture. The experiment was developed during crop 2013/14 in the lowland area of the Rural Engineering Department at the School of Agronomical Sciences of São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* Botucatu - São Paulo with intermittent flood and water depth of 10 cm. Two treatments were studied, the former called MIRI for the irrigation treatment by distribution of multiple inlet, and the latter CONV for the conventional flooded treatment. The total water consumption in the treatment MIRI was of 1.754,8 mm, which is 8,62 % lower than CONV treatment. The

best water use efficiency was obtained with the MIRI treatment had an average of  $4,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , being 9,73 % higher than the CONV. Therefore, it can be concluded that the MIRI system is a viable alternative to reduce the use of water rice production.

**Keywords:**Depth of water, Intermittent Flooding, Distribution, Water Balance, Efficiency.

### 3 INTRODUÇÃO

A cultura do arroz abastece à metade da população mundial como alimentar principal (IRRI, 2013). Estima-se que o arroz irrigado por inundação ocupa 50% da área total do plantio de arroz no mundo, com 79 milhões de hectares, e sua demanda hídrica média é de  $14.000 \text{ m}^3$  por hectare (BRUINSMA, 2009).

Segundo Caixeta (1984) apud Stone (2005), a produtividade média na cultura de arroz, utilizando o método de irrigação por inundação contínua, é de  $9.006 \text{ kg ha}^{-1}$  ao passo que a inundação intermitente atingiu  $6.144 \text{ kg ha}^{-1}$ , mesmo com uma eficiência no uso da água de 0,62 e  $1,96 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , respectivamente. Estes resultados sugerem que existem duas alternativas: produzir mais arroz, com uma maior demanda de água por hectare ou, aumentar as áreas irrigadas de arroz para atender o crescimento da demanda mundial, considerando produzir arroz em solos marginais e com menor aptidão agrícola.

Vories et al. (2005) mostraram que, utilizando o método de irrigação por inundação, e melhorando o sistema de distribuição por múltipla entrada de água na lavoura de arroz, foi possível reduzir o seu consumo de água por hectare em 24% e aumentar a eficiência no uso da água em 36%. Este sistema é conhecido por *Multiple Inlet Rice Irrigation* (MIRI).

No sistema MIRI, a água dentro da lavoura é conduzida por mangueiras e distribuída por múltiplas entradas, por meio de comportas ou janelas, que regulam as vazões de maneira uniforme, ao longo da mangueira e para cada seção do tabuleiro (PyR, 2012). O tempo utilizado para chegar a zonas mais distantes da entrada principal de água é menor, possibilitando, assim, um aumento da eficiência na condução e distribuição da água, resultando na diminuição do volume de água consumido para criar a lâmina de inundação.

No sistema convencional é necessário inundar com uma maior altura de lâmina nas partes mais baixas dos tabuleiros para que se mantenha uma lâmina ideal nas seções mais altas, conseqüentemente, aumentando o consumo de água.

O objetivo deste estudo foi avaliar o consumo da água pelo MIRI e compará-lo com o convencional (CONV), nas condições do Brasil, por meio da análise dos componentes do balanço hídrico da cultura de arroz, o tempo de avanço da água sobre a superfície do solo; avaliar a produtividade de grãos e a eficiência no uso da água entre ambos os tratamentos.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de Outubro de 2013 à Fevereiro de 2014, na área de várzea do Departamento de Engenharia Rural, da Fazenda Experimental do Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), no município de Botucatu-SP. Localizado nas coordenadas geográficas  $22^{\circ} 51' \text{ S}$  e  $48^{\circ} 25' \text{ W}$  e, altitude de 754 m, com área de  $5.000 \text{ m}^2$ .

O tratamento convencional (CONV) consistiu na aplicação de água a partir de uma única entrada, localizada na parte superior esquerda de cada parcela (Figura 1).

O tratamento de Irrigação de Arroz por Múltipla Entrada (MIRI) consistiu na distribuição de água pelo método de inundação intermitente (MANTOVANI; BERNARDO E PALARETTI, 2009), utilizando uma mangueira de polietileno de 10 mm de diâmetro com parede de polietileno de baixa densidade (PBD) ao longo da parcela experimental (Figura 2). Esta mangueira foi furada cada metro para inserir uma comporta Bloom Gate (BG40) ajustável, permitindo a saída da água por cada comporta de 40 mm de diâmetro, permitindo assim, a múltipla entrada da água ao longo do tabuleiro (PyR, 2012).

**Figura 1.** Irrigação por inundação do tabuleiro no tratamento convencional (CONV).



Fonte: Suárez (2013).

**Figura 2.** Irrigação por inundação do tabuleiro no tratamento Múltipla entrada (MIRI).



Fonte: Suárez (2013).

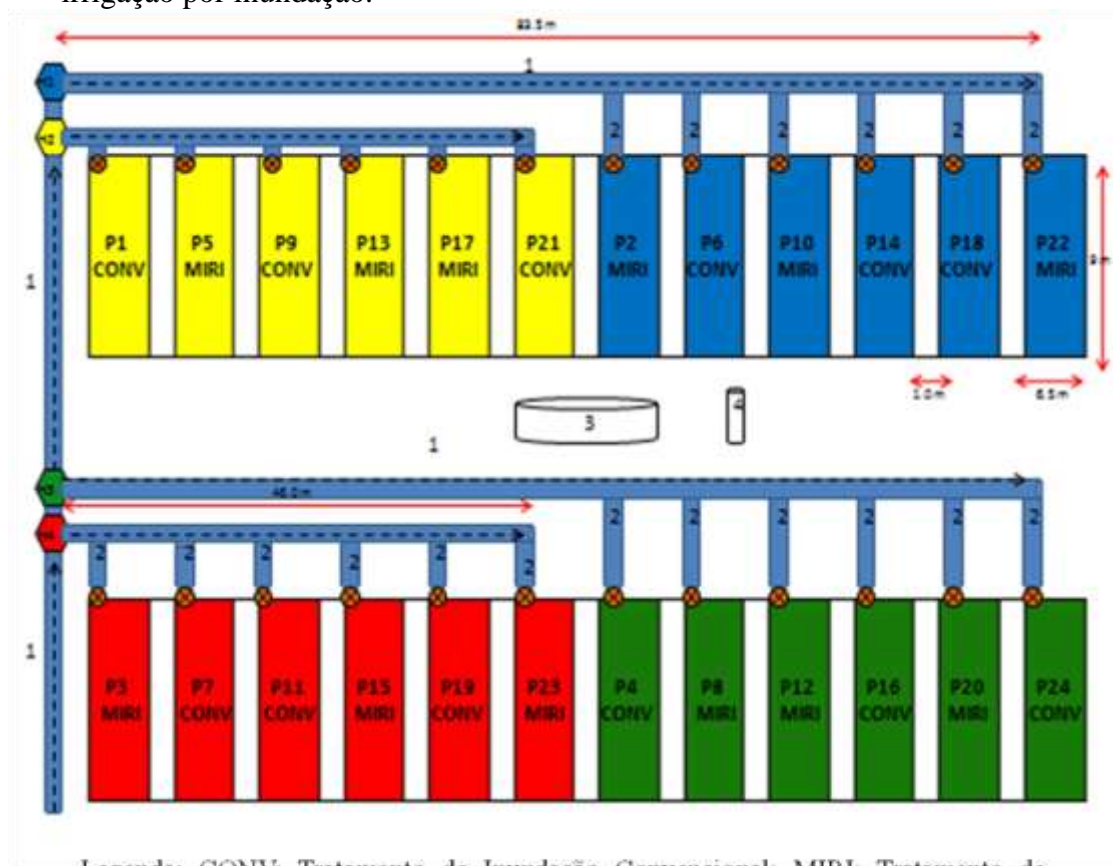
Cada uma das 24 parcelas experimentais (tabuleiros) mediam 9 m de comprimento e 6,5 m de largura totalizando uma área de 58,5 m<sup>2</sup> e o espaçamento utilizado entre tabuleiros foi de um metro.

A cultivar selecionada para o experimento foi IRGA 417. A semeadura foi realizada no sistema de plantio direto (TERRES et al., 2004). A densidade de semeadura selecionada foi de 120 kg ha<sup>-1</sup>(SOSBAI, 2010), que equivalem a 78 plantas por metro linear com espaçamento entre linhas de 0,17 m.

Após semeadura do arroz, foi instalada a tubulação de recalque de aço (AZEVEDO NETTO et al., 1998) de 75 mm de diâmetro. Esta tubulação foi derivada na área do

experimento, em quatro linhas de irrigação, onde cada linha foi instalada para irrigar seis tabuleiros de forma independente, diferenciadas entre si pela cor, contendo cada uma os tratamentos CONV e MIRI (Figura 3). Em cada linha de irrigação foi colocado um hidrômetro de vazão de  $15 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  (ROSSO, 2007).

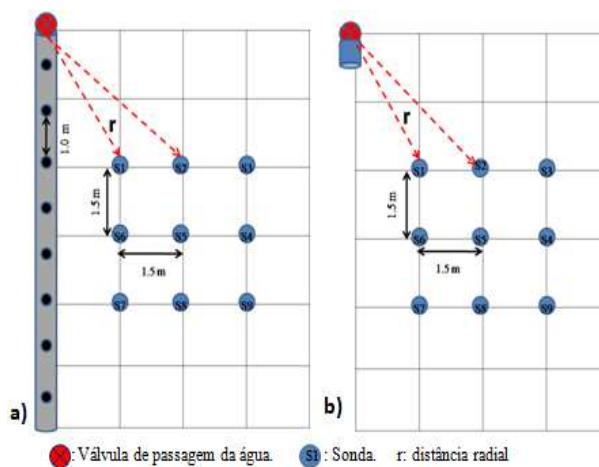
**Figura 3.** Plano do experimento no campo, linhas de irrigação e dimensionamento da área de irrigação por inundação.



Legenda: CONV: Tratamento de Inundação Convencional; MIRI: Tratamento de Irrigação Arroz por Múltipla Entrada; \*: Tabuleiro; H1: Hidrômetro da linha de irrigação 1 (cor amarelo); H2: Hidrômetro da linha de irrigação 2 (cor azul); H3: Hidrômetro da linha de irrigação 3 (cor vermelho); H4: Hidrômetro da linha de irrigação 4 (cor verde); 1: Tubulação de recalque de diâmetro de 75 mm; 2: Derivação de diâmetro de 50 mm; 3: Tanque evaporímetro classe A; 4: Pluviômetro; 5: Mangueira (PBD); Registro de passagem de água (50 mm).

Para a avaliação do avanço da água na superfície do solo em cada tabuleiro foram instaladas em pontos fixos nove sondas (S) contínuas de três hastes como ponto de referência para medir o tempo de avanço da água sobre a superfície do solo. Na Figura 4, é mostrada a distribuição espacial das sondas TDR (SOUZA et al., 2006) no tabuleiro para os tratamentos CONV e MIRI.

**Figura 4.** Esquema da distribuição espacial das sondas (pontos fixos) para medição do tempo de avanço da água no tratamento (a) MIRI e (b) CONV.



A medição do tempo de avanço foi realizada nas quatro primeiras irrigações, através de cronômetro digital, devido à facilidade de observar o deslocamento da água pela superfície do solo em cada tabuleiro, a qual consistiu em calcular o tempo de deslocamento da água sobre a superfície do solo, a partir da passagem da água pela válvula até sua chegada a cada sonda, localizada no tabuleiro a uma distância radial ( $r$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Distância radial a partir da saída da água até cada sonda (S)

Sonda TDR	Distância radial (m) em relação válvula de passagem da água
S1	2,85
S2	3,95
S3	5,25
S4	6,54
S5	5,50
S6	4,83
S7	6,97
S8	7,49
S9	8,25

O consumo de água foi determinado através do balanço hídrico em arroz irrigado (Equação 1), descritos por Yoshida (1981) e Bouman, Lampayan e Toung (2007). Além disso, foi avaliado o tempo de enchimento.

$$\Delta W: P + LAI - ETc - Pp - Fl \quad (1)$$

Em que  $\Delta W$  são as mudanças da umidade do solo na lavoura de arroz irrigado (mm);  $P$  é a Precipitação (mm);  $LAI$  é a Lâmina de irrigação (mm);  $ETc$  é a Evapotranspiração (mm);  $Pp$  é a Percolação (mm);  $F_L$ : é o Fluxo lateral (mm).

A  $P$  e a  $ETc$  foram determinadas através de um pluviômetro e o método do tanque classe A, respectivamente descrito por Allen et al. (2006), e ambos colocados no centro da área do experimento. A  $LAI$  foi obtida pela diferença entre a leitura do volume de água no hidrômetro antes de cada irrigação e a leitura do volume de água no hidrômetro ao final de cada irrigação dividida pela área do tabuleiro. A  $Pp$  foi calculada através da determinação do gradiente hidráulica e do fluxo vertical de água no solo, descrito por Bernardo; Soares e Mantovani, (2011) O  $F_L$  foi calculado de acordo com a relação entre o perímetro irrigado e a altura da taipa no tabuleiro, as quais foram 0,1m de altura e 31m de perímetro. Além disso, foram considerados a condutividade hidráulica do solo, o gradiente hidráulico e o tempo em que a lâmina de água ficou sobre a superfície do solo (HELPER, 2006).

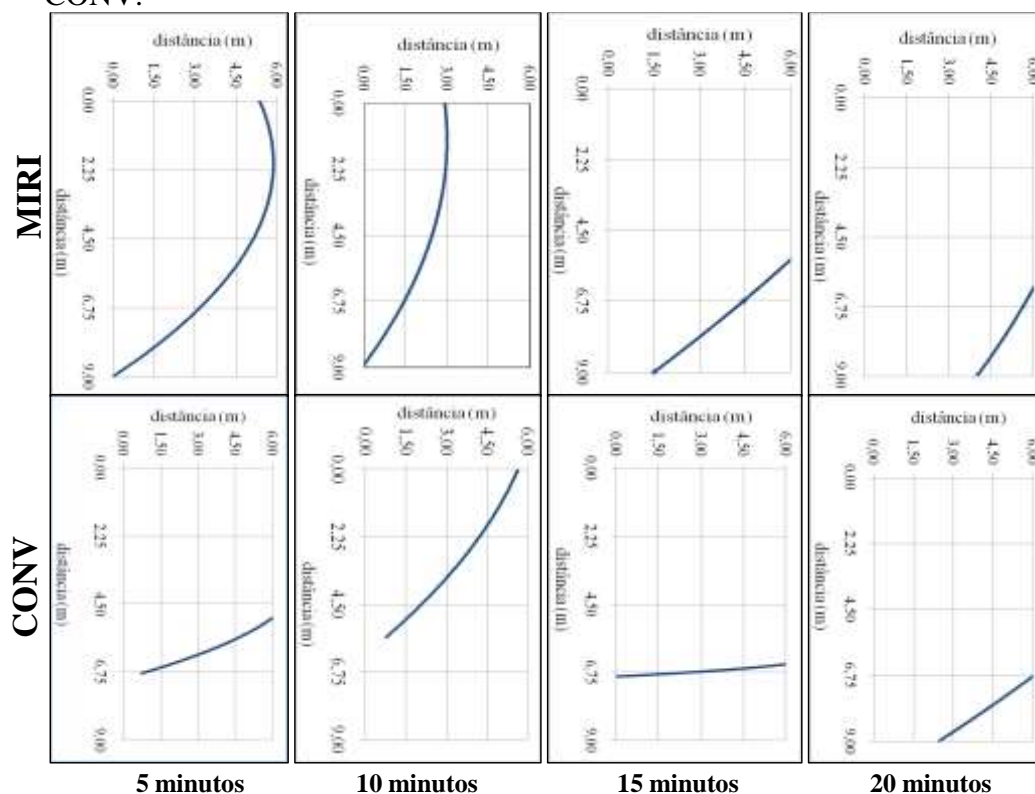
A produtividade de grãos foi obtida a partir do cálculo de umidade de grão ao 13% e expressa em quilogramas por hectare (SILVA DA E FONSECA, 2006). A Eficiência no Uso da Água (EUA) foi obtida através da relação entre a produtividade de grãos e o consumo total de água total gastada durante o ciclo da cultura (STONE, 2005; RIGHES, 2007; SARTORI et al., 2013).

O delineamento experimental foi em blocos aleatorizados com dois tratamentos e doze repetições, totalizando 24 unidades experimentais. A análise da variância dos dados foi realizada através do teste F e o nível de significância considerado foi  $p \leq 0,05$ . O programa empregado para a análise estatística foi o SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

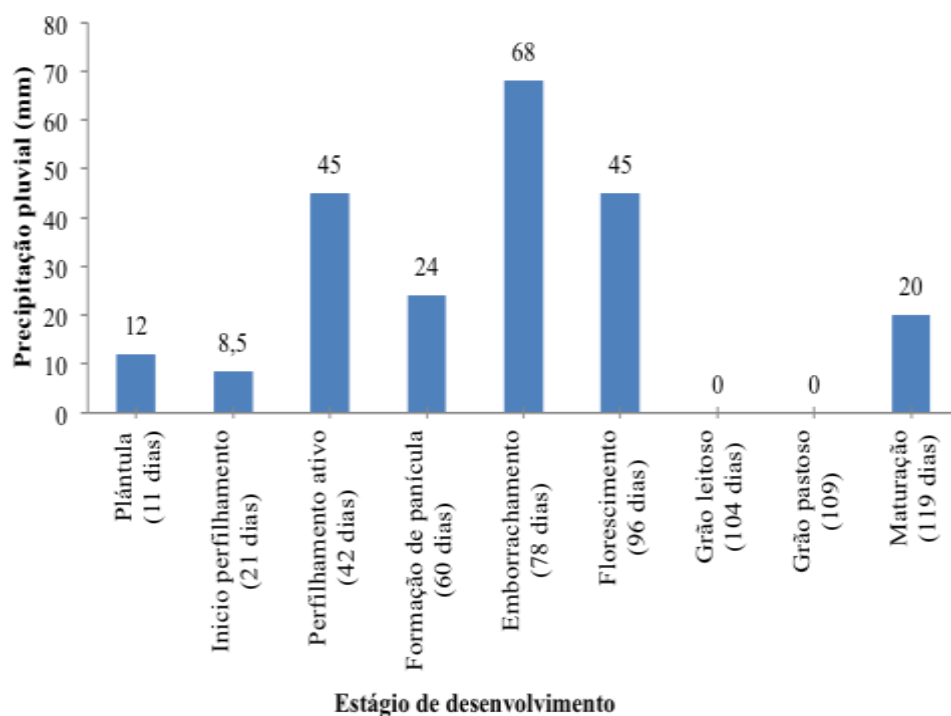
Os resultados obtidos no avanço da água sobre o solo dentro do tabuleiro aos 5, 10, 15 e 20 minutos após início de irrigação nos tratamentos MIRI e CONV, mostram que no tratamento MIRI houve menor tempo requerido para encher o tabuleiro se comparando ao tratamento CONV, devido a múltipla saída da água pelas janelas da mangueira, permitindo uma rápida distribuição nas diferentes zonas do tabuleiro, chegando a menor tempo a cada ponto (Figura 5).

**Figura 5.** Avanço da água sobre a superfície do solo no tabuleiro nos tratamentos MIRI e CONV.



Durante a condução do experimento a precipitação total foi de 222,5 mm, durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417 (Figura 6). O período de 30 dias compreendido entre a formação da panícula ao florescimento, que se caracteriza por sua maior demanda hídrica da cultura de arroz, segundo Tsutsui (1972) apud Gomes; Pauletto e Franz (2004), Ishimaru (1975) apud Fornasieri e Fornasieri (2006), totalizou 137 mm, ou seja, nesse período, que correspondeu à quarta parte do total do ciclo da cultura, sendo que a precipitação foi insuficiente para fornecer condições normais ao cultivo de arroz.

**Figura 6.** Distribuição da precipitação (mm) durante os estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417.



No caso da evapotranspiração total da cultura, na fase vegetativa correspondem a 35,64%, na fase reprodutiva 46% e na fase de maturação a 18,2% do total da ETc, respectivamente (Tabela 2).



**Tabela 1.** Evapotranspiração obtida pelo método de tanque evaporímetro classe A e o coeficiente da cultura ( $K_c$ ) de arroz nos diferentes estágios de desenvolvimento do cultivar IRGA 417.

Fase de desenvolvimento	Estádio de desenvolvimento do arroz	dias	$K_c$ *)	ETc			
				Total durante o estágio (mm)	Total acumulada (mm)	Porcentagem acumulada do total (%)	Media diária** (mm d <sup>-1</sup> )
Vegetativa	Plântula	11	1,05	55,88	55,88	10,08	5,08
	Início perfilhamento	21	1,05	48,07	103,95	18,76	4,81
	Perfilhamento ativo	42	1,05	93,49	197,44	35,64	4,45
Reprodutiva	Formação de panícula	60	1,20	113,15	310,59	56,07	6,29
	Emborrachamento	78	1,20	76,76	387,35	69,92	4,26
	Florescimento	96	0,90	65,52	452,87	81,75	3,64
Maturação	Grão leitoso	104	0,90	41,08	493,95	89,17	5,13
	Grão pastoso	109	0,90	25,20	519,15	93,72	5,04
	Maturação fisiológica	119	0,90	34,79	553,93	100,00	3,48
Média							4,69

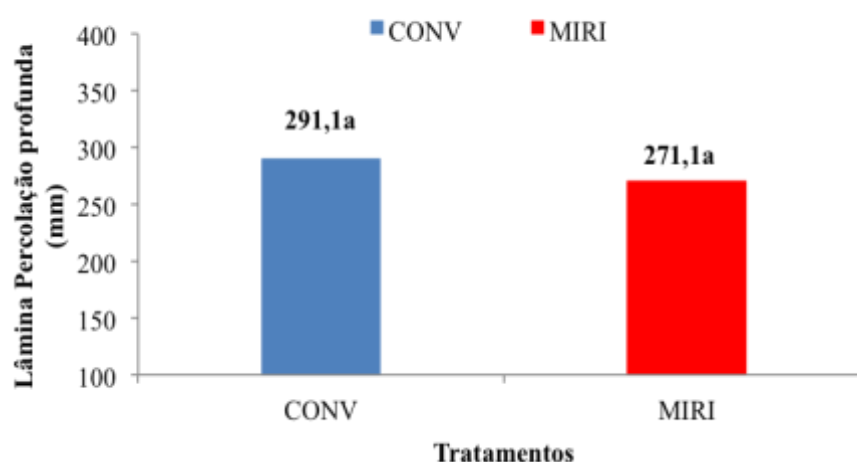
\*Coeficiente da cultura de arroz para as condições do experimento de acordo a Allen et al. 2006.

\*\* A média diária foi obtida dividindo a ETc total durante o estágio e o número de dias no estágio de desenvolvimento.

As ETc's médias obtidas, foram similares às obtidas por Kato et al. (1965) apud Yoshida (1981), as quais foram  $6 \pm 2$  mm d<sup>-1</sup>. Ishimaru (1975) apud Fornasieri e Fornasieri (2006) mencionam 6 a 7 mm d<sup>-1</sup>, 20 dias antes do florescimento, e 4 a 2 mm d<sup>-1</sup> após o florescimento. Datta et al. (1981) apud Gomes; Pauletto e Franz (2004) relatam que em regiões tropicais, durante a estação chuvosa, a média da ETc fica entre 5 e 6 mm d<sup>-1</sup>; enquanto que, em regiões temperadas para arroz irrigado por inundação, varia entre 6,7 e 7,7 mm d<sup>-1</sup>. Steinmetz (1984) apud Stone; Silveira e Moreira (2006) relatam que em Goianira (GO), a ETc diária variou de 4,3 a 6,6 mm dia<sup>-1</sup> durante a estação seca e de 4,3 a 8,4 mmd<sup>-1</sup>, na estação chuvosa. Bouman; Lampayan e Toung (2007) mencionam que para a estação seca, as médias variam entre 4 e 5 mm d<sup>-1</sup> e para a estação chuvosa, entre 6 e 7 mm d<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos neste ensaio corroboram com outros autores, ou seja, de 3,48 a 6,29 mm d<sup>-1</sup>, embora no sudeste e no sul do Brasil, o arroz irrigado seja plantado durante a época chuvosa (IRGA, 2014).

Na Figura 7 ilustra-se a comparação das médias das lâminas de água totais (mm) de percolação profunda nos tratamentos CONV e MIRI, as quais não apresentaram diferenças significativas, sendo 291,1 e 271,1 mm respectivamente.

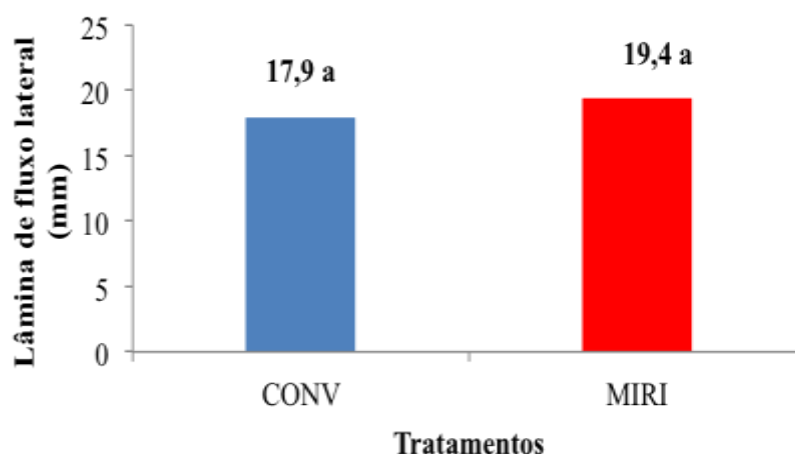
**Figura 7.** Comparação de médias por teste Tukey para lâmina de percolação profunda pelos tratamentos CONV e MIRI.



Letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As médias das lâminas de água totais (mm) de fluxo lateral nos tratamentos CONV e MIRI, não apresentaram diferenças significativas, sendo 17,9 e 19,4 mm respectivamente (Figura 8).

**Figura 8.** Comparação de médias por teste Tukey para lâmina de fluxo lateral nos tratamentos CONV e MIRI.



Letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As perdas de água por fluxo lateral em cada irrigação (Figura 8), não superaram 20 mm, e são consideradas menores que as perdas por percolação, devido principalmente à declividade da superfície dos tabuleiros que após a sistematização do solo ficou inferior 0,1%, que diminui as perdas por fluxo lateral. Stone; Silveira e Moreira (2006) mencionam

que as perdas por fluxo lateral também aumentam quando a textura do solo é de franco-argilosa a argilosa. No caso do experimento, o solo é de textura franco-arenosa a arenosa, contribuindo para que as menores perdas sejam por fluxo lateral. Devido ao desaparecimento da lâmina de água na maioria dos tabuleiros, após três horas, por percolação, ocasionou-se a diminuição da água em contato com as taipas e, também, as infiltrações laterais (fluxo lateral) nas mesmas.

No final da fase vegetativa aos 46 dias de idade da cultura, o tratamento MIRI aplicou-se uma lâmina de água de 468,9 mm, que equivale a 30,6% do total da lâmina aplicada e sendo 76 mm a menos que o aplicado no tratamento CONV para a mesma fase. Para a fase reprodutiva a lâmina de água aplicada no tratamento MIRI foi 619,3 mm o que corresponde a 40,4% do total da lâmina de água aplicada, sendo 75,5 mm menor que o tratamento CONV. Na fase de maturação, a lâmina de água do tratamento MIRI foi 444,2 mm, que equivale a 28,9% do total, foi 14 mm menor que o tratamento CONV (Tabela 3).

**Tabela 2.** Lâmina de água aplicada em cada irrigação pelos tratamentos CONV e MIRI, durante o ciclo do cultivar IRGA 417 durante a safra 2013/2014, na FCA Botucatu – SP

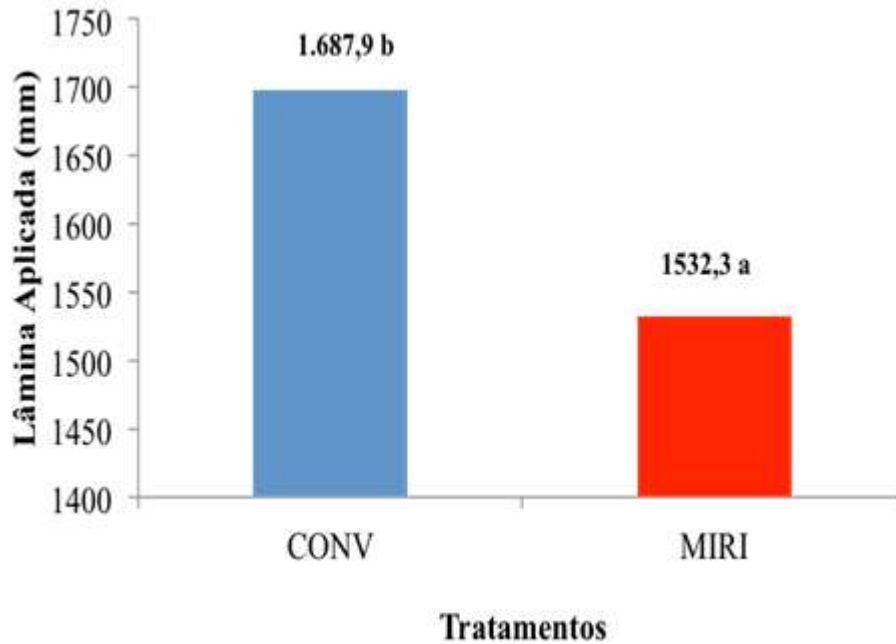
No. Irrigação	Idade da cultura (DAE)*	Fase desenvolvimento da cultura	CONV	MIRI
			Lâmina de água aplicada (mm)	
1	20		177,5	160,0
2	32	Vegetativa	156,1	128,7
3	46		211,3	180,2
			Subtotal	544,9 (32,1%)
4	54	Reprodutiva	159,7	139,8
5	63		109,4	98,3
6	73		129,6	117,7
7	76		98,8	97,6
8	79		83,2	76,0
9	82		114,1	89,9
		Subtotal	694,8 (40,9%)	619,3 (40,4%)
10	86	Maturação	95,7	86,6
11	93		96,9	88,0
12	97		91,6	87,7
13	99		75,0	87,5
14	104		99,0	94,4
		Subtotal	458,2 (26,9%)	444,2 (28,9%)
		Total	1.697,9 (100%)	1.532,3 (100%)

\*: dias após a emergência.

Ao final do ciclo da cultura, o tratamento CONV totalizou 1.697,9 mm, ao passo que o tratamento MIRI, 1.532,3 mm, demonstrando, portanto, que o tratamento MIRI apresentou uma redução de 9,75% do total da lâmina aplicada em comparação com o tratamento CONV,

que equivale a 165,6 mm, resultando, desta forma, em uma economia da lâmina total aplicada na irrigação do arroz com o tratamento MIRI. A lâmina de água aplicada na irrigação foi menor no tratamento MIRI que no CONV, devido ao menor tempo gasto no avanço da água sobre a superfície do solo ao longo do tabuleiro, porém o tempo de oportunidade foi menor, permitindo o enchimento do tabuleiro em menor tempo até alcançar a altura da lâmina de água de 10 cm (Figura 9).

**Figura 9.** Comparação de médias por teste Tukey para lâmina de água aplicada nos tratamentos CONV e MIRI.



Letras diferentes diferem pelo teste Tykey a 1% de probabilidade

Ao final do ciclo da cultura, o tratamento MIRI apresentou uma redução do total da lâmina de água aplicada quando comparada com o tratamento CONV de 165,6mm, resultando em uma economia da lâmina de água total aplicada de 1.650 m<sup>3</sup> por hectare, tendo em conta que somente em no estado de Rio Grande do Sul o arroz planta-se em cerca de 1,2 Milhões de hectares, que representa um volume de 1.980 milhões de metros cúbicos potencialmente a serem economizados. A lâmina de água aplicada na irrigação foi menor no tratamento MIRI que no CONV, devido ao menor tempo gasto no avanço da água sobre a superfície do solo ao longo do tabuleiro, porém o tempo de oportunidade foi menor, permitindo o enchimento do tabuleiro em menor tempo até alcançar a altura da lâmina de água de 10 cm.

Ao comparar a redução de lâmina de água aplicada neste experimento com a obtida por Vories et al. (2005) que foi de 24,4% em lavouras comerciais, esta diferença poderia ser sustentada pela área da lavoura, as propriedades do solo e as condições ambientais (STONE et al., 2006).

Aplicando o conceito de balanço hídrico descrito por Yoshida (1981), os componentes de entrada ( $W_{in}$ ) e saída ( $W_{out}$ ) dos tratamentos CONV e MIRI obtidos durante o experimento estão quantificados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Lâmina de água total (mm) dos componentes de entrada e saída do balanço hídrico durante a condução do experimento para a avaliação do consumo de água pelo método de inundação de arroz para tratamentos CONV e MIRI.

Tratamento	Componentes de entrada (W <sub>in</sub> )			Componentes de saída (W <sub>out</sub> )			
	P	LAI	Total	ETc	Pp	F <sub>L</sub>	Total
	Lâmina de água (mm)			Lâmina de água (mm)			
CONV	222,5	1.697,9	1.920,4	553,9	291,1	17,94	862,9
MIRI	222,5	1.532,3	1.754,8	553,9	271,1	19,41	844,4

P: Precipitação pluvial; LAI: Lâmina de irrigação aplicada; ETc: Evapotranspiração da cultura; Pp: Percolação profunda; F<sub>L</sub>: Fluxo lateral.

No caso dos componentes de entrada (P + LAI), os tratamentos CONV e MIRI totalizaram uma lâmina de água de 1.920,4 e 1.754,8 mm, respectivamente. Este último obteve uma redução de 8,62% em relação ao tratamento CONV. Estes resultados demonstram a economia da lâmina de água de entrada, tendo a mesma quantidade de precipitação (P) entre os tratamentos MIRI e CONV, devido principalmente a que a lâmina de água para irrigação foi inferior no MIRI. Para os componentes de saídas (W<sub>out</sub>) ou perdas de água, a ETc de ambos os tratamentos foi 553,93 mm que equivalem a 64,19 e 65,59 % do total das perdas para os tratamentos CONV e MIRI, sendo a maior proporção de perdas no balanço hídrico, seguido pelas perdas de água por percolação profunda, que foram de 291,1 e 271,1 mm para os tratamentos CONV e MIRI, correspondendo a 33,73 e 32,1%, respectivamente. A menor perda de água foi ocasionada pelo fluxo, já que nos tratamentos CONV e MIRI apresentaram 17,94 e 19,41 mm, os quais correspondem a 2,1 e 2,3%, respectivamente, devido a que no momento da altura de lâmina atingir os 10 cm, o subministro de água era suspensa.

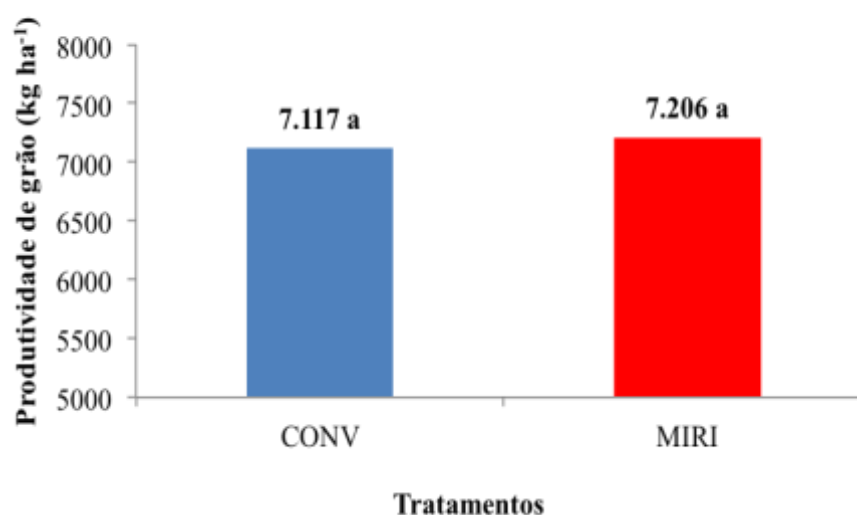
As diferenças de lâmina de água entre os componentes de entrada e saída foram consideradas como a lâmina de água utilizada para a saturação do solo e a formação da lâmina (YOSHIDA, 1981) até uma altura de 10 cm, foram 1.047,5 e 910,4 mm que correspondem a 54,8 e 51,8 % do total do consumo de água nos tratamentos CONV e MIRI respectivamente. Apesar que a diferença de lâmina de água foi 137 mm, no caso do tratamento CONV apresentou maior lâmina de água percolada durante o enchimento do tabuleiro em comparação com o tratamento MIRI, o que pode explicar que o tratamento CONV requer mais água para saturar o solo. No caso da formação da lâmina de água, no tratamento MIRI a altura da água foi mais controlada devido principalmente a sua distribuição dentro do tabuleiro como mostram a Figura 1. Estes resultados demonstram que o tratamento MIRI precisou de menor quantidade de água durante as irrigações para saturar o solo e formar a lâmina, apresentando uma redução relativa do 13,1% em relação ao tratamento CONV, sendo assim mais eficiente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Lâmina de água total (mm) dos componentes de entrada e saída de água no balanço hídrico e lâmina utilizada para a saturação do solo e formação da lâmina até uma altura de 10 cm

Tratamento	Componentes (mm)		Saturação do solo e formação da lâmina de água (mm)	Porcentagem do total da água de consumo (%)
	Entradas ( $W_{in}$ )	Saídas ( $W_{out}$ )		
CONV	+1.920,4	-862,6	1.047,5	54,8
MIRI	+1.754,8	-843,6	910,4	51,8

Os resultados obtidos na comparação de médias da produtividade de grãos (Figura 10), não apresentaram diferenças significativas, sendo 7.117 e 7.206 kg ha<sup>-1</sup> de arroz em casca a 13% de umidade de grãos, respectivamente, para o CONV e o MIRI. Portanto, a redução de 9,75% do total de lâmina de água aplicada na irrigação não foi suficiente para causar diminuição na produtividade, tendo em conta que as demais atividades agrônômicas não foram alteradas entre os dois tratamentos.

**Figura 10.** Comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância para produtividade de grãos pelos tratamentos CONV e MIRI. FCA Botucatu-SP.



Letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios da lâmina de água total aplicada, a produtividade de grãos e eficiência no uso de água obtido durante a condução do experimento, estes últimos apresentaram diferenças significativas (Tabela 6). A maior eficiência no uso da água (EUA) foi obtida no tratamento MIRI, embora houvesse obtido uma diferença de produtividade de 88 kg ha<sup>-1</sup> maior em relação ao tratamento CONV, utilizando uma lâmina de água 8,62% menor do que o tratamento CONV.

**Tabela 6.** Médias de lâmina de água total aplicada, produtividade de grãos e comparação de médias da eficiência no uso de água nos tratamentos CONV e MIRI durante a safra 2013/14

Tratamento	Lâmina de água total aplicada	Produtividade	Eficiência no
	(P + I) (mm)	de grãos kg ha <sup>-1</sup>	Uso da Água kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>
CONV	1.920,4	7.117,5	3,71 a
MIRI	1.754,8	7.206,1	4,11 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Ao comparar os resultados de EUA do experimento com os obtidos, por Vories e Tacker (2003) se mostraram inferiores, já que eles obtiveram 8,54 e 11,80 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> nos tratamentos CONV e MIRI. No entanto, o tratamento MIRI continua sendo o mais eficiente. As diferenças obtidas nesta comparação referem-se à lâmina de água aplicada na irrigação, já que Vories e Tacker (2003) aplicaram uma lâmina de irrigação de 930 e 703 mm para os tratamentos CONV e MIRI e, neste experimento, as lâminas de irrigação aumentaram para 1.910,4 e 1.754,8 mm, respectivamente, porém diminuindo de forma proporcional a eficiência no uso da água na cultura de arroz irrigado.

No caso da lâmina de água aplicada na irrigação, houve uma correlação de 0,565, referindo-se ao tempo de inundação que afetou diretamente a lâmina de água aplicada na irrigação. No caso da eficiência no uso da água, obteve-se uma correlação de -0,557 e -0,669 com o tempo de inundação e a lâmina de água aplicada na irrigação, respectivamente. Estes resultados mostram que o tempo de inundação influenciou na lâmina de água aplicada na irrigação e na eficiência no uso da água. Portanto, o tratamento MIRI apresentou maior eficiência no uso da água, devido à menor lâmina aplicada, e ao menor tempo que demorou em inundar o tabuleiro.

## 6 CONCLUSÕES

O método de inundação com distribuição de múltipla entrada (MIRI) apresentou menor consumo de água comparado com o tratamento CONV, nas condições do experimento, devido principalmente à diminuição da lâmina de água aplicada na irrigação.

A melhor distribuição da água no tabuleiro durante a irrigação por inundação através da múltipla entrada do tratamento MIRI contribuiu à redução da lâmina de água aplicar.

Os componentes de saída do balanço hídrico como as perdas de água por percolação profunda e fluxo lateral, não alteraram significativamente o consumo de água entre os dois tratamentos.

Sem mudar o método de irrigação, mas diminuindo o consumo de água na cultura de arroz, mediante a utilização do tratamento MIRI, demonstrou-se que não houve queda na produtividade, portanto, obteve-se maior economia no uso da água.

O tratamento MIRI demonstrou ser mais eficiente no uso de água que o tratamento CONV.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa e a Federação Nacional de Arrozeiros de Colômbia – FEDEARROZ.

## 8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G; PEREIRA L.S; RAES, D; SMITH, M. **Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.** Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, 2006. 299p. Disponível em: <http://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>. Acesso: ago. 2012.

AZEVEDO NETTO, J.M; FERNANDEZ, F.R; ARAUJO DE, R; ITO, E. A. **Manual de Hidráulica.** 8. Ed. São Paulo – SP. Edgar Blücher Ltda. 1998. 669 p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A; MANTOVANI, C. E; **Manual de Irrigação.**8. ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2011. 625 p.

BOUMAN, B. A. M; LAMPAYAN, R.M; TOUNG, T.P. **Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity.** International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas. 2007. 54p.

BRUINSMA, J. B. **By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?** Publicações da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a agricultura. (FAO). Roma (Itália). p. 1-33. 2009. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/ResourceOutlookto2050.pdf>. Acesso em: Jul. 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FORNASIERI FILHO, D; FORNASIERI, J. L. **Manual da Cultura do Arroz.** ed. 1. Jaboticabal. Funesp. 2006. 589 p.

GOMES, A. DA S; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso E Manejo Da Água Em Arroz Irrigado. In: GOMES, A. DA S; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. DE. (Orgs) **Arroz Irrigado No Sul do Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 14. p. 417-455.

HELPER, F. **Demandas e disponibilidades hídricas da bacia hidrográfica do rio pardo(RS) nos cenários atuais e futuros para diferentes sistemas de produção de arroz irrigado.** 2006. 236 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.

IRRI (2013). **Rice And Food Security.** International Rice Research Institute. Disponível em: [http://Irri.Org/Index.Php?Option=Com\\_K2&View=Item&Layout=Item&Id=9081&Lang=En](http://Irri.Org/Index.Php?Option=Com_K2&View=Item&Layout=Item&Id=9081&Lang=En). Acesso em: Set 2013.



MANTOVANI, C. E; BERNARDO, S; PALARETTI, L. F. **IRRIGAÇÃO princípios e métodos**. 3. Ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2009. 355 p.

PyR. ARGENTINA S.A. **Manual De Mangas De Polietileno PyR y Compuertas Bloom Gate**. Buenos Aires (Arg). 2012. Disponível Em: <http://www.pyrargentina.com.ar> Acesso em: Ago. 2013.

RIGHES, A. Eficiência em Sistema com Inundação o Caso do Arroz. In: I SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA. 2007. **Painel**. p. 1-17 Disponível em: <http://www.upf.br/coaju/.../sistemainundaçãoII.pdf>. Acesso: Ago.2012.

ROSSO, J. **Avaliação do consumo de água em lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado nas condições climáticas do sul Catarinense**. 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. 2007.

SARTORI, G. M; MARCHESAN, E; AZEVEDO, C. F; STRECK, N. A; ROSO, R; COELHO, L; OLIVEIRA DE. M. L. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 43. n. 3. p.397-403. Mar. 2013.

SILVA DA, J.G; FONSECA, J. R. Colheita. In: SANTOS, A. dos; STONE, L.; VIEIRA, N. De. (Orgs.) **A Cultura do Arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio De Goiás: Embrapa Arroz E Feijão, 2006. Cap. 18. p 731-749.

SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para Sul do Brasil. In: XXVIII REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO. 2010. **Livro**. 188p.

SOUZA, C. F; MATSURA, E. E, FOLEGATTI, M.V; COELHO, E. F. OR, D. Sondas de TDR para estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. **Irriga**. Botucatu. v. 11. n.1. p. 12-25. jan/mar. 2006.

STONE, L. F. **Eficiência do Uso da Água na Cultura de Arroz Irrigado**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 48 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. Irrigação. In: SANTOS, A. dos; STONE, L.; VIEIRA, N. de (Ed.). (Orgs.) **A Cultura do Arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz E Feijão, 2006. cap. 17. p. 683-730.

TERRES, A. L; FAGUNDES, P. R; MACHADO, M.O; MAGALHÃES DE, A. M; NUNES, C. D. Melhoramento Genético E Cultivares De Arroz Irrigado. In: Gomes, A. Da S; Magalhães Junior, A. M. De. (Orgs.) **Arroz Irrigado No Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 7. p. 161-235.

VORIES, E. D; TACKER, L. Investigating A Multiple Inlet Approach To Reduce Water Requirements For Rice Production. **The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems**. Keiser, AR. N. 032014. 1-7p. (2003).

VORIES, E. D; TACKER, P. L; HOGAN, R. Multiplet Inlet Approach to Reduce Water Requirements For Rice Production. **American Society Agricultural Engineers**. Missouri. v.21. n.4. p. 611-616 2005. Disponível em: <http://naldc.nal.usda.gov/catalog/1754> Acesso: Maio 2012.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**.1. Ed. Los Baños. Internacional Rice Research Institute. 1981. 269p.