

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

## MANEJO ALTERNATIVO DE IRRIGAÇÃO PARA O ARROZ

Autor: Leandro Barbosa Pimenta  
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Bryan Heinemann  
Coorientador: Dr. Alberto Baêta dos Santos

CERES – GO  
Fevereiro – 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

## MANEJO ALTERNATIVO DE IRRIGAÇÃO PARA O ARROZ

Autor: Leandro Barbosa Pimenta  
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Bryan Heinemann  
Coorientador: Dr. Alberto Baêta dos Santos

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração Tecnologias de Irrigação.

Ceres– GO  
Fevereiro– 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

PP644m Pimenta, Leandro Barbosa  
MANEJO ALTERNATIVO DE IRRIGAÇÃO PARA O ARROZ /  
Leandro Barbosa Pimenta; orientador Alexandre Bryan  
Heinemann; co-orientador Alberto Baêta dos Santos. --  
Ceres, 2018.  
42 p.

Dissertação (Graduação em IRRIGAÇÃO NO CERRADO) --  
Instituto Federal Goiano, Câmpus Ceres, 2018.

1. Eficiência no uso da água. 2. produtividade.  
3. qualidade de grãos. I. Heinemann, Alexandre  
Bryan, orient. II. Santos, Alberto Baêta dos, co-  
orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

MANEJO ALTERNATIVO DE IRRIGAÇÃO PARA O ARROZ

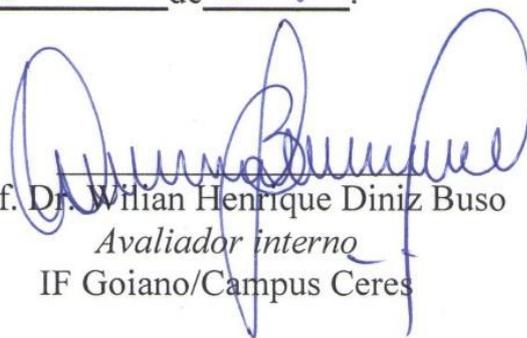
Autor: Leandro Barbosa Pimenta  
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Bryan Heinemann  
Coorientador: Dr. Alberto Baêta Dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração:  
Irrigação

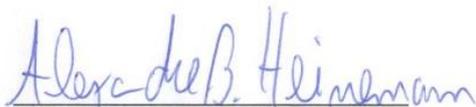
APROVADA em 08 de fevereiro de 2018.



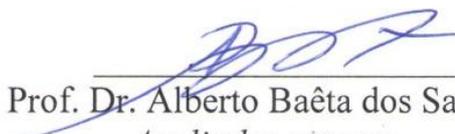
Dr. Odilon Peixoto de Moraes Júnior  
*Avaliador externo*  
Emater-Go



Prof. Dr. Wilian Henrique Diniz Buso  
*Avaliador interno*  
IF Goiano/Campus Ceres



Dr. Alexandre Bryan Heinemann  
*Orientador*  
IF Goiano/Campus Ceres



Prof. Dr. Alberto Baêta dos Santos  
*Avaliador externo*  
Embrapa Arroz e Feijão

Aos meus pais Aleixo Nunes Pimenta e Edvone Aparecida Barbosa Pimenta e  
aos meus irmãos Agnaldo e Leidiane,

**DEDICO**

A toda minha família que sempre me apoiou em cada momento da minha vida.

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre comigo, principalmente nas horas mais difíceis.

Ao meu pai Aleixo Nunes Pimenta e minha mãe Edvone Aparecida Barbosa Pimenta, pelo exemplo, apoio e orientações, contribuindo sempre para minha formação pessoal e profissional.

Aos meus irmãos Agnaldo Barbosa Pimenta e Leidiane Barbosa Pimenta, pela amizade e companheirismo.

Ao meu orientador, Dr. Alexandre Bryan Heinemann, pela grande contribuição e disposição para a transmissão de seus conhecimentos.

Ao meu coorientador, Dr. Alberto Baêta dos Santos, pessoa fundamental para realização deste trabalho, sempre oferecendo seu apoio.

Ao amigo e colega Dr. Orlando Peixoto de Moraes (*in memoriam*), pelo apoio incondicional.

Ao amigo Dr. Odilon Peixoto de Moraes Júnior, pelo apoio neste trabalho.

À Riquelma de Sousa de Jesus, pelo auxílio na estruturação deste documento.

Aos colegas da Embrapa Arroz e Feijão, Santo, João Batista, João Ananias, Marcos, Ênio, Carlos, Bruna, Ademar, Jozimar, José Cordeiro, Veneraldo, Francisco Moura, Dr. José Colombari, Dra. Mellissa, Dr. Flávio Breseguello, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos professores e alunos do curso de mestrado do IF Goiano - Campus Ceres, pelos conhecimentos transmitidos.

A todos, o meu muito obrigado!

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Leandro Barbosa Pimenta, Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Ceres (2002), hoje Instituto Federal Goiano - Campus Ceres. Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri-GO (2007). Atualmente, atua como Técnico em Agropecuária na Embrapa Arroz e Feijão.

## ÍNDICE

	Página
<b>RESUMO</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1.    Importância do arroz .....	15
1.2.    Sistemas de produção do arroz .....	17
1.3.    Manejos alternativos de irrigação .....	18
1.4.    Hipótese e objetivos .....	19
<b>2. MATERIAL E MÉTODO</b> .....	<b>20</b>
2.1.    Características gerais da área de estudo: .....	20
2.2.    Descrição do experimento .....	21
2.3.    Descrição das cultivares .....	23
2.4.    Variáveis medidas no experimento: .....	24
2.4.1.    Eficiência do uso da água (EUA) .....	24
2.4.2.    Caracterização da fenologia .....	24
2.4.3.    Produtividade e seus componentes e altura de planta .....	24
2.4.4.    Qualidade de grãos .....	24
2.5.    Manejo de Irrigação .....	25
2.6.    Análise dos dados .....	25
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
3.1.    Dados meteorológicos .....	26
3.2.    Água utilizada .....	28
3.3.    Impacto do manejo da água na fenologia .....	30

3.4.	Efeito causa -----	31
3.5.	Produtividade e seus componentes e altura de plantas-----	33
3.6.	Qualidade de grãos -----	34
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES-----</b>	<b>38</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1.</b> Valores acumulados de temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed), precipitação e radiação global (RadSol) para as fases da cultura e período total. ....	26
<b>Tabela 2.</b> Produtividade média, total de água utilizada e eficiência do uso da água para as parcelas referentes ao manejo de irrigação. ....	29
<b>Tabela 3.</b> Análise de variância para os estádios iniciação da panícula, florescimento e maturação fisiológica. ....	30
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de dias após a emergência para iniciação da panícula e maturação fisiológica .....	30
<b>Tabela 5.</b> Valores médios para o florescimento em dias após a emergência. ....	31
<b>Tabela 6.</b> Análise de variância para as variáveis produtividade (PROD), número de panículas por metro quadrado (N° Pan m <sup>-2</sup> ), grãos por panícula (GP), peso de 1000 grãos e altura (ALT). ....	34
<b>Tabela 7.</b> Valores de produtividade (PROD), número de panículas por metro quadrado (N° Pan m <sup>-2</sup> ), grãos por panícula (GP), massa de 1000 grãos e altura (ALT).34	34
<b>Tabela 8.</b> Análise de variância para as variáveis relacionadas à qualidade de grãos: grãos inteiros (GI), área gessada (AG), comprimento de grãos (CG), relação comprimento/largura (C/L) e rendimento industrial de grãos (R). ....	35
<b>Tabela 9.</b> Valores de grãos inteiros (GI,%), área gessada total (AG, %), comprimento de grãos (CG, mm) e relação comprimento/largura de grãos (C/L). ....	36
<b>Tabela 10.</b> Valores de rendimento industrial de grãos (R, %). ....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<p><b>Figura 1.</b> Arroz no Brasil a) Distribuição espacial da produção de arroz no Brasil e b) Evolução da produtividade, área cultivada e produção do arroz no Brasil. Fonte: CONAB, julho 2017 .....</p>	16
<p><b>Figura 2.</b> Imagem do Satélite SPOT 5 ilustrando a área em que o experimento foi conduzido. ....</p>	21
<p><b>Figura 3.</b> Distribuição das unidades experimentais (croqui de campo). Parcelas: inundação contínua (ICC); inundação intermitente até o florescimento (IIF); inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura (IIC); e inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura (SSC). ....</p>	22
<p><b>Figura 4.</b> Dinâmica das variáveis climáticas a) temperatura máxima, mínima do ar, radiação global e b) precipitação. Linha tracejada vertical cinza representa a média dos tratamentos de manejo de água para a iniciação da panícula. Linha vertical pontilhada púrpura e sólida marrom representa o florescimento para a média dos manejos de água ICC, IIF e IIC e SSC, respectivamente. ....</p>	27
<p><b>Figura 5.</b> Dinâmica da água em razão do manejo de água durante o período de experimento. ICC - inundação contínua; IIF - inundação intermitente até o florescimento; IIC - inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura; e SSC - inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura. ....</p>	29
<p><b>Figura 6.</b> Análise “efeito causa” para as variáveis a) eficiência do uso da água (EUA), b) produtividade, c) panícula por metro e d) gessamento do grão. Ponto central representa a relação entre os valores médios dos manejos alternativos e o convencional, e a linha colorida, o respectivo intervalo de confiança. ....</p>	32

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade de Medida
T	Tonelada	
ha	Hectare	
kg	Quilograma	
Mg ha <sup>-1</sup>	Megagrama por hectare	
CH <sub>4</sub>	Metano	
GEE	Gás de efeito estufa	
°C	Graus Celsius	
mm	Milímetros	
ICC	Inundação contínua	
IIF	Inundação intermitente até o florescimento	
IIC	Inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura	
SSC	Inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura	
M <sup>2</sup>	Metro quadrado	
M	Metro	
RS	Rio Grande do Sul	
cm	Centímetros	
VCU	Ensaio de Valor de Cultivo e Uso	
CL	Clear Field	
EUA	Eficiência do uso da água	
kg m <sup>-3</sup>	Quilograma por metro cúbico	
kg ha <sup>-1</sup>	Quilograma por hectare	
AG	Área Gessada	%
GI	Grãos inteiros	%
CG	Comprimento de grãos	Mm
C/L	Relação comprimento largura	mm/mm
R	Rendimento industrial de grãos	%
ANOVA	Análise de variância	
Tmax	Temperatura máxima	°C
Tmin	Temperatura mínima	°C
Tmed	Temperatura média	°C
ppt	Precipitação	Mm
RadSol	Radiação solar global	Mj m <sup>-2</sup> dia <sup>-2</sup>
M <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Metro cúbico por hectare	
DAE	Dias após a emergência	Dia
CV	Coefficiente de Variação	%

ns	Não Significativo	
IP	Iniciação da panícula	Dia
FLO	Florescimento em dias após a emergência	Dia
MAT	Maturação em dias após a emergência	Dia
FV	Fonte de variação	
PROD	Produtividade de grãos	kg ha <sup>-1</sup>
N°Pan	Número de panículas por metro quadrado	Um
GP	Grãos por panículas	Um
ALT	Altura de plantas	Cm

## RESUMO

PIMENTA, LEANDRO BARBOSA. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, fevereiro de 2018. **Manejo alternativo de irrigação para o arroz**. Orientador: Dr. Alexandre Bryan Heinemann. Coorientador: Dr. Alberto Baêta dos Santos.

O cultivo de arroz irrigado por inundação é exigente em termos de recursos hídricos. Atualmente, devido aos conflitos de uso da água entre os setores da sociedade, como agricultura, indústria e consumo humano, aumentar a eficiência do uso da água na agricultura se torna uma obrigação. Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar métodos alternativos de manejo de irrigação para o arroz irrigado no intuito de reduzir a quantidade de água utilizada. O objetivo específico foi determinar os impactos dos métodos alternativos de irrigação no desenvolvimento da cultura do arroz, produtividade e qualidade de grãos. Este experimento foi conduzido no Campo Experimental da Fazenda Palmital, da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Goianira, GO, com delineamento experimental em blocos completos casualizados, com cinco repetições, no esquema de parcela subdividida. A parcela foi composta por quatro manejos de irrigação: a) inundação contínua (ICC), considerado o método convencional, com lâmina de água contínua durante todo o ciclo; b) inundação intermitente até o florescimento (IIF) e, após, lâmina de água contínua; c) inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura (IIC, inundando a área após o desaparecimento da lâmina de água); e d) inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura (SSC, solo mantido acima da capacidade de campo, mas sem lâmina de água). As subparcelas foram compostas por quatro cultivares de arroz irrigado (BRS Pampeira, BRS Catiana, Irga 424 e BRS A702 CL). A produtividade de grãos de arroz

irrigado com manejo intermitente é similar ou superior ao manejo convencional (lâmina contínua), com menor uso de água, diferindo a qualidade de grãos das cultivares com o manejo de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência no uso da água, produtividade e qualidade de grãos

## ABSTRACT

PIMENTA, LEANDRO BARBOSA. Goiano Federal Institute - Campus Ceres - GO, February 2018. **Alternative management of irrigation for rice.** Advisor: Dr. Alexandre Bryan Heinemann. Coorientator: Dr. Alberto Baêta dos Santos.

Flooded rice cultivation has high water resources demand. Nowadays, due to water use conflicts among society sectors, such as, agriculture, industry and human consumption, increasing the water use efficiency in the agriculture must be an obligation. In this context, this work has as goal to evaluate irrigation rice alternative methods for reduction the amount of water consumed. As specific objective, this work intends to determine the impacts of irrigation alternative methods on crop development, yield and grain quality. An experiment was conducted at the Experimental Station of Embrapa Rice and Beans, located at Goianira, GO, Brazil. The experimental design was a split-plot randomized complete block with five replications. The main plot was composed by four irrigation managements, a) continuous flood (ICC), considered the conventional method, with continuous water depth throughout the cycle, b) intermittent flooding until flowering (IIF), and after continuous water depth, (c) intermittent flooding during the entire crop cycle (IIC, reinundating the area after the water percolation) and (d) severe intermittent flooding during the crop cycle (SSC, soil maintained above field capacity, but no water deep). The subplot was composed by four irrigated rice cultivars (BRS Pampeira, BRS Catiana, Irga 424 and BRS A702 CL). The productivity of irrigated rice grains with intermittent management is similar or superior to conventional management

(continuous flood), with lower water use and the grain quality of the cultivars differs with irrigation management.

**KEYWORDS:** Efficiency of water use, yield and grain quality.

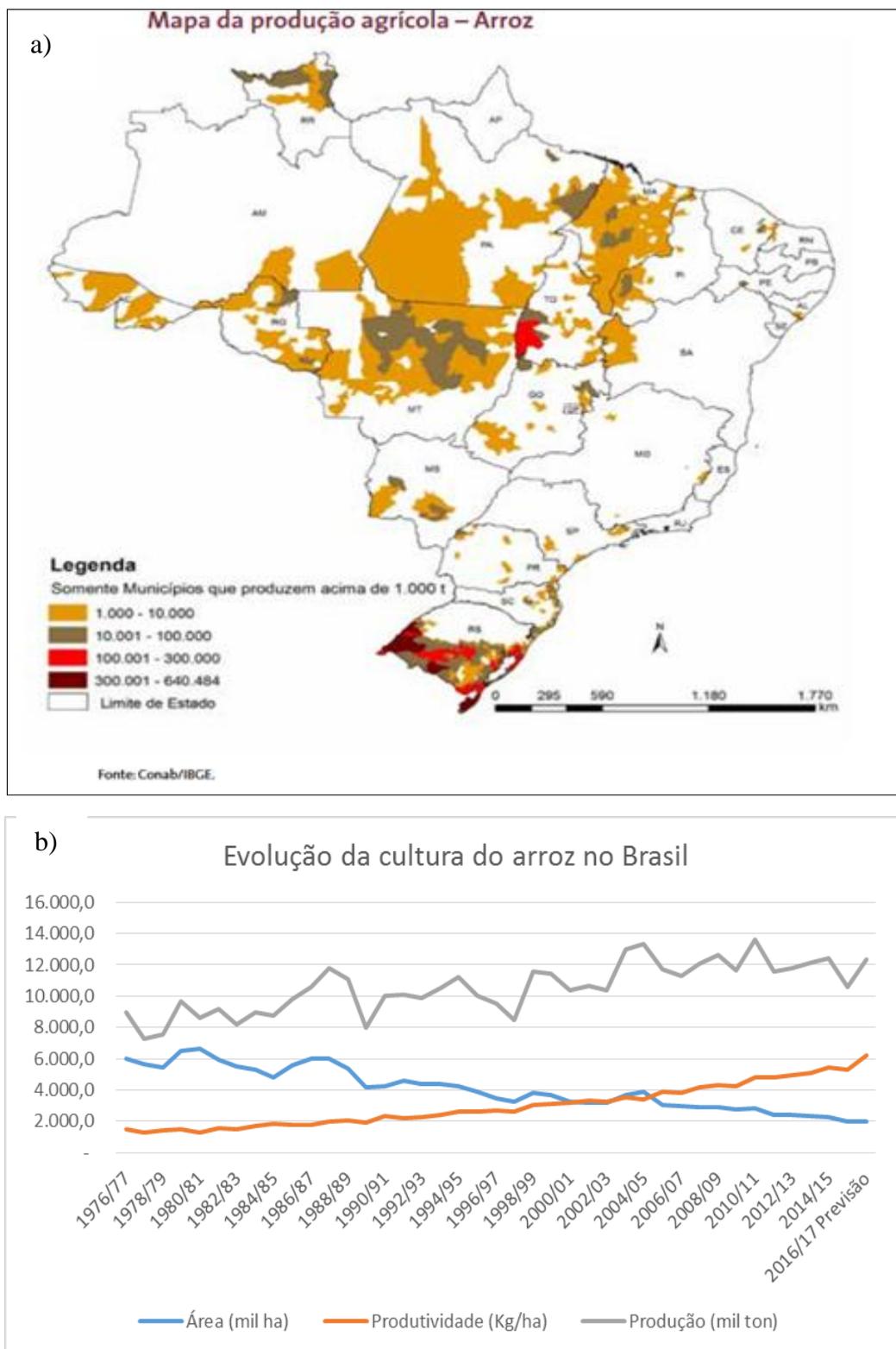
## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1.Importância do arroz

O arroz é uma planta da família Poaceae, gênero *Oryza*, compreendendo, aproximadamente, 20 espécies, sendo *Oryza sativa* L. a espécie mais cultivada. É um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. É o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando área aproximada de 168 milhões de hectares. A produção é cerca de 741 milhões de toneladas de grãos em casca, o que corresponde a 29% do total de grãos usados na alimentação humana (SOSBAI, 2016), sendo arroz beneficiado, a estimativa de produção mundial para a safra 2017/18 é de mais de 483 milhões de toneladas (USDA/FAS, 2017).

O arroz é a cultura com maior potencial de aumento de produção e responde pelo suprimento de 20% das calorias consumidas na alimentação da população mundial. Em decorrência, desempenha papel estratégico na solução de questões de segurança alimentar. Os dez países maiores produtores de arroz são, em ordem decrescente: China, Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnã, Tailândia, Myanmar, Filipinas, Brasil e Japão (SOSBAI, 2016).

No Brasil, a produtividade do arroz vem aumentando ao longo dos anos e a área cultivada vem se reduzindo (Figuras 1A e 1B).



**Figura 1.** Arroz no Brasil a) Distribuição espacial da produção de arroz no Brasil e b) Evolução da produtividade, área cultivada e produção do arroz no Brasil. Fonte: CONAB, set. 2017

## 1.2. Sistemas de produção do arroz

No Brasil, a produção de arroz pode ser dividida em dois sistemas, arroz irrigado e de sequeiro (terras altas). Nesse estudo, é abordado o arroz irrigado, que é responsável por 90% da produção brasileira de arroz. O arroz irrigado no Brasil é produzido em dois diferentes ecossistemas: subtropical e tropical. O arroz irrigado subtropical é produzido no sul do Brasil (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e é responsável por 80% da produção nacional - previsão safra 2016/2017, tendo como produtividade média  $7,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Já o arroz irrigado tropical, produzido principalmente nos Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Ceará, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, é responsável por somente 6,6 % da produção nacional, tendo como produtividade média valores menores que  $6,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  (CONAB, 2017).

No estado de Goiás, a maior parte do arroz produzido é cultivada sob condições de irrigação, por meio do sistema de inundação contínua. A área plantada utilizando esse sistema é estimada em 14,9 mil hectares e a produção, em 93,9 mil toneladas, sendo feita em calendário escalonado, com plantio e colheita ocorrendo em diferentes períodos ao longo do ano. Dessa forma, as ofertas desse produto no mercado não são concentradas em um determinado período. Nessa safra, o arroz irrigado apresenta produtividade de  $6,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  (CONAB, 2017). No estado, foram tomadas algumas iniciativas para ampliar a produtividade e fixar a cultura em alguns municípios com aptidão para o cultivo irrigado, podendo ser citados os municípios de Flores de Goiás, São João d'Aliança, Formosa e São Miguel do Araguaia. Outro fator interessante foi a utilização de sementes de maior potencial produtivo, que permitiram um salto da produtividade média de  $4,555 \text{ Mg ha}^{-1}$  na safra 2008/09 para  $6,068 \text{ Mg ha}^{-1}$  na safra 2014/15. Vale destacar também os ganhos de qualidade do produto, que passou a atingir 70% de grãos inteiros e padrão longo fino tipo 1, possibilitando o acesso do produto aos diversos mercados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (CONAB, 2017).

Para o cultivo de arroz irrigado, é necessária a sistematização do solo, deixando-o com a superfície nivelada ou próximo ao nivelamento, isto permite uma distribuição uniforme da lâmina de água e a drenagem superficial, quando necessária. A semeadura é feita, principalmente, em solo seco, ou em solo previamente preparado com água para o uso de sementes pré-germinadas. Quando se utiliza a semeadura em solo seco, a irrigação da lavoura por submersão do solo é iniciada alguns dias após a emergência das plântulas (SOSBAI, 2016).

O cultivo do arroz irrigado, por submersão do solo, está entre os mais exigentes em termos de recursos hídricos (Gomes, 2004). Em geral, o arroz necessita, no decorrer do seu ciclo, de 8.000 a 10.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de água. A demanda para o cultivo vai depender do tipo de solo, manejo, sistema de cultivo, condições climáticas e ciclo da cultivar. Daí a importância de conhecer as necessidades e as disponibilidades hídricas e de adequar o cultivo de arroz ao solo às disponibilidades hídricas e ao sistema de cultivo (Borém & Nakano, 2015).

A água é um recurso natural que, embora renovável, é finito. O aumento da população e a expansão da agricultura têm aumentado o uso de água de tal forma que as reservas vêm se tornando cada vez mais escassas, gerando conflitos de uso. Esses conflitos são agravados pela degradação qualitativa da água. Tudo isso tem despertado a sociedade para seu uso de forma racional; na agricultura não é diferente, a água necessária para a produção, em muitos casos, não é suprida somente pelas chuvas, sendo necessária a irrigação. Logo, o uso de água deve ser o mais racional possível para conseguir uma produção sustentável.

### 1.3. Manejos alternativos de irrigação

A inundação intermitente na orizicultura irrigada é uma prática de manejo que busca reduzir o uso de água na irrigação do arroz e emissões de gás metano (CH<sub>4</sub>), alternando drenagem e inundação nas áreas de produção de arroz, sem afetar a produtividade. Nessa prática, a água de irrigação é reaplicada quando a condição hídrica do solo se aproxima da saturação nos primeiros vinte centímetros de profundidade do solo. O número de dias em que o solo não é inundado entre as irrigações pode variar de 1 a 10 dias, dependendo de inúmeros fatores, como tipo de solo, clima e estágio de crescimento da cultura. Assim, o uso de água pode ser reduzido em mais de 30%, auxiliando os agricultores a lidar com sua escassez, aumentando a confiabilidade de abastecimento da água de irrigação a jusante. Essa prática tem potencial para mitigar a emissão de GEE (gás de efeito estufa), principalmente o metano (Wassmann et al., 2010), em média 48% a menos, em comparação ao manejo convencional de irrigação, inundação contínua, durante o ciclo da cultura do arroz (Richards & Sander, 2014). Outros benefícios dessa prática são: a) redução de arsênio no grão (Das et al., 2016; Linqvist et al., 2014), b) redução da concentração de metilmercúrio no solo (Rothenberg et al., 2016), c) redução no uso de energia/combustível em sistemas em que a irrigação

é suprida por bombeamento (Nalley et al., 2015) e d) aumento da eficiência do uso de nitrogênio, minimizando sua volatilização e lixiviação (Reis, 2018). Diversos estudos mostram o efeito significativo dessa prática na redução do uso de água, mantendo uma produtividade semelhante àquela obtida no manejo convencional (inundação contínua) (Bouman & Tuong, 2001; Tabbal et al., 2002; Belder et al., 2004; Mandal et al., 2009; Mishra e Salokhe, 2010; Howell et al., 2015; Carrijo et al., 2017). Entretanto, a maioria desses estudos foram desenvolvidos na Ásia e alguns poucos na América do Norte. No Brasil, existem poucos estudos sobre a inundação intermitente, geralmente voltados para culturas em rotação com o arroz, como soja e milho, especificamente no Rio Grande do Sul (Silva & Parfitt, 2005).

Estudos “*in loco*” são fundamentais para adoção dessa prática, visto seu efeito benéfico depender de vários fatores: a) propriedades do solo, b) manejo: fase da cultura na qual a inundação intermitente é aplicada, vegetativa, reprodutiva ou durante todo o ciclo (Carrijo et al., 2017); c) variação climática interanual (Bouman & Tuong, 2001) e d) cultivares (Price et al., 2013).

Com base na demanda hídrica da cultura do arroz, pesquisas têm sido conduzidas na busca de estratégias para aumentar a eficiência do uso da água, que é a relação entre a quantidade de grãos produzidos e a quantidade de água utilizada.

#### 1.4. Hipótese e objetivos

Há manejo alternativo de irrigação que apresenta produtividade e qualidade de grãos similar ao manejo convencional de irrigação (inundação contínua).

O objetivo deste estudo foi avaliar métodos alternativos de irrigação no uso de água, produtividade, fenologia e qualidade de grãos do arroz irrigado por inundação para contribuir com a sustentabilidade da cultura na região tropical do Brasil.

Os objetivos específicos foram:

- a) Determinar o manejo de irrigação que propicie maior eficiência de uso da água;
- b) Definir o manejo adequado de irrigação para o arroz irrigado;
- c) Determinar os efeitos de manejo da irrigação na qualidade de grãos de arroz irrigado.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1. Características gerais da área de estudo:

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Fazenda Palmital, da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Goianira, GO, latitude 16°26'8.45"S, longitude 49°23'38.31"O, altitude 729 m. Esta fazenda está situada às margens do Rio Meia Ponte. A água para a irrigação é extraída do Córrego Palmital. O clima predominante é o tropical subquente, classificado como AW (classificação de Köppen). A temperatura média anual é de 22,6° C, com menor média de temperaturas mínimas ocorrendo em junho, 14,2° C, e a maior média de temperaturas máximas, 31,7° C, em setembro (Oliveira & Rodrigues, 2012) e precipitação média anual de 1.485 mm, com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. Na área do estudo, predomina o solo classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico neofluvíssólico, textura média a média/arenosa. A Figura 2 mostra a localização do experimento na Fazenda Palmital, sendo a área circulada em amarelo.



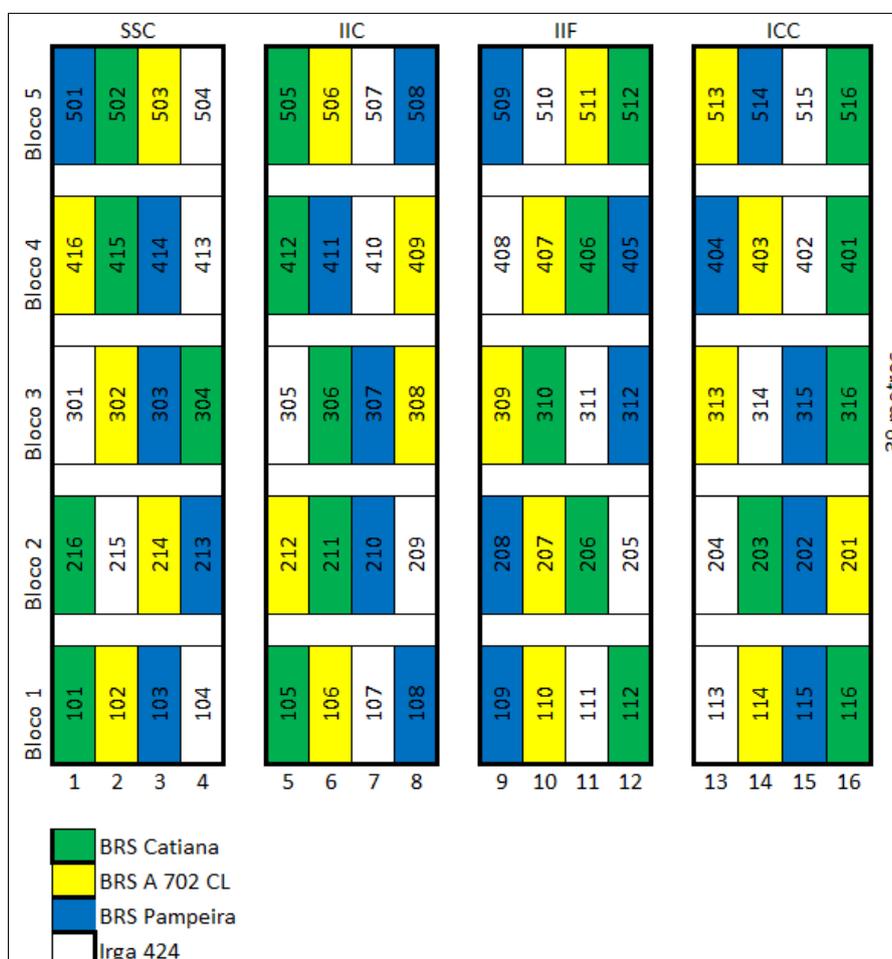
**Figura 2.** Imagem do Satélite SPOT 5 ilustrando a área na qual o experimento foi realizado

## 2.2. Descrição do experimento

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com cinco repetições, no esquema de parcela subdividida (Figura 3). A parcela foi composta por quatro manejos de irrigação; a) inundação contínua (ICC), considerado o método convencional com lâmina de água contínua durante todo o ciclo; b) inundação intermitente até o florescimento (IIF), a seguir lâmina de água contínua; c) inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura (IIC, reinundando a área após o desaparecimento da lâmina de água); e d) inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura (SSC, solo mantido acima da capacidade de campo, mas sem lâmina de água). As subparcelas foram compostas por quatro cultivares de arroz irrigado (BRS Pampeira, BRS Catiana, Irga 424 e BRS A702 CL).

A escolha de diferentes cultivares é importante para uma melhor compreensão dos efeitos de manejos alternativos de irrigação na produtividade e qualidade de grãos de arroz. O experimento foi composto por 4 parcelas (manejo da água), \* 4 subparcelas (cultivares), com 5 repetições.

As parcelas com a diferenciação dos manejos de irrigação tinham dimensões de 400 m<sup>2</sup> cada, sendo 4 manejos, isoladas por meio de taipas elevadas e compactadas para evitar a influência do tratamento ao lado e do ambiente externo. As subparcelas com as cultivares continham 12 linhas de 7 metros de comprimento, espaçadas 0,17 m em linhas, totalizando 14,28 m<sup>2</sup>. Entre os blocos havia um corredor com 1 m de largura para facilitar o trânsito durante a coleta de dados. Os blocos foram distribuídos no sentido do caminhamento da água na parcela, pois esse deslocamento da água pode gerar desuniformidade durante o desenvolvimento da cultura.



**Figura 3.** Distribuição das unidades experimentais (croqui de campo). Parcelas: inundação contínua (ICC); inundação intermitente até o florescimento (IIF); inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura (IIC); e inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura (SSC)

### 2.3. Descrição das cultivares

Das quatro cultivares utilizadas nesse estudo, três (BRS Pampeira, BRS Catiana e BRS A702 CL) foram desenvolvidas para a região tropical. As cultivares BRS Pampeira e BRS Catiana foram lançadas no ano de 2016 e a BRS A702 CL, no ano 2017. A cultivar Irga 424 foi selecionada pelo fato de nos últimos anos ser a mais cultivada na região tropical produtora de arroz irrigado. Essa cultivar se destaca pelo alto potencial produtivo e boa qualidade industrial e de cocção dos grãos, exceto o índice de centro branco, considerado intermediário. Apresenta ciclo médio, porte baixo e folhas pilosas, tolerância à toxidez por excesso de ferro e alta resposta à adubação. É especialmente indicada para cultivo nas regiões da Zona Sul e Campanha, onde apresenta boa adaptação às condições de temperatura média baixa, mostrando também excelente desempenho nas demais regiões do Estado do RS.

A cultivar BRS Pampeira tem ciclo biológico de 133 dias da emergência à maturação, sendo classificada como cultivar de ciclo médio para o RS. Apresenta estatura de 95 cm. As plantas são do tipo moderno, de alta capacidade de perfilhamento e folhas pilosas. Os grãos são da classe longo-fino, tipo “agulhinha”, com rendimento de inteiros superior a 62%, baixa incidência de centro branco e textura solta e macia após a cocção. Essa linhagem sempre se destacou nos ensaios de VCU (valor de cultivo) do programa de melhoramento quanto à produtividade de grãos, tolerância ao acamamento e resistência a doenças. Apresenta excelente qualidade de grãos no que tange às características industriais e culinárias. Já a BRS A702 CL é oriunda do retrocruzamento entre a cultivar comercial BRS Formoso e Cypress CL, fonte de tolerância aos herbicidas do grupo das imidazolinonas. Apresenta plantas do tipo moderno, com boa tolerância ao acamamento e a doenças. Cultivar indicada para o sistema de produção CLEARFIELD®, por apresentar excelente tolerância aos herbicidas Only® e Kifix®, sendo considerada de segunda geração.

A BRS Catiana tem como características grãos classe longo-fino, ciclo médio (116 dias na região tropical e 132 dias na a região subtropical). É recomendada para os estados de AL, BA, CE, GO, MA, MS, PA, PB, PE, PI, RJ, RN, RR, SE, SP e TO. Destaca-se pela translucidez de seus grãos, com baixa incidência de centro branco, ou barriga branca, boa soltabilidade e facilidade de cozimento. É uma cultivar de alta produtividade e tolerância ao acamamento.

## 2.4. Variáveis medidas no experimento

### 2.4.1. Eficiência do uso da água (EUA)

A quantidade de água utilizada na irrigação foi quantificada por meio de um hidrômetro para cada parcela referente ao manejo. E a água proveniente da precipitação foi mensurada pela estação meteorológica, situada a 300 metros do experimento, que registrou a precipitação durante o período experimental. A eficiência do uso da água (EUA), em  $\text{kg m}^{-3}$ , foi calculada dividindo a produtividade, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , pelo total de água consumido (água da irrigação + água da precipitação,  $\text{m}^3$ ).

### 2.4.2. Caracterização da Fenologia

As datas de ocorrência das principais fases de desenvolvimento das cultivares (emergência, iniciação da panícula, emissão da folha bandeira, emborrachamento, florescimento e maturação fisiológica) foram observadas e registradas para cada unidade experimental.

### 2.4.3. Produtividade e seus componentes e altura de planta

A produtividade de grãos das cultivares e seus componentes (número de panículas por área, número de grãos por panícula, massa de 1000 grãos, porcentagem de espiguetas férteis e estéreis) e a altura de plantas foram determinados na colheita.

### 2.4.4. Qualidade de grãos:

Foram feitos testes de engenho em amostras de 100 gramas de grãos com a finalidade de obter características industriais como porcentagem de centro branco, barriga branca, área gessada total (AG), porcentagem de grãos inteiros (INT), comprimento (C) e relação comprimento largura (C/L) dos grãos. Essas amostras foram descascadas, polidas e separados os grãos inteiros dos quebrados, por meio do equipamento denominados moinho de prova. Para as avaliações de grau de polimento, gessamento e dimensões dos grãos, foram utilizados somente grãos inteiros. O grau de polimento foi obtido com o auxílio de um aparelho denominado *MillingMeter*. Já para a porcentagem de grãos gessados e as dimensões dos grãos, foi utilizado o equipamento denominado S21<sup>®</sup>. O rendimento industrial de grãos foi obtido pela pesagem dos grãos polidos antes da separação de inteiros e quebrados.

## 2.5. Manejo de Irrigação

O manejo convencional (ICC) foi mantido com uma lâmina de água de, aproximadamente, 7 cm. Nas parcelas com irrigação intermitente (IIF e IIC), a partir do início do controle de irrigação, foi aplicada uma lâmina de água de 7 cm e quando esta lâmina desaparecia, aplicava-se novamente a lâmina de água. No manejo SSC, a reposição de água foi feita visando simplesmente à manutenção do solo saturado. Em todos os manejos, houve uma preocupação especial em evitar ao máximo a entrada de água desnecessária por meio de irrigação. Para evitar o transbordamento da água nas parcelas no caso da ocorrência de chuvas, foram instalados canos de saída de água com hidrômetros acoplados para quantificação da água perdida. Diariamente, pela manhã, era feita uma vistoria no experimento para avaliar as condições da irrigação. A diferenciação dos manejos de irrigação foi iniciada 20 dias após a emergência das plantas.

## 2.6. Análise dos dados

Para quantificar o efeito dos tratamentos manejo de água e cultivares na fenologia, produtividade e seus componentes, altura de plantas e variáveis relacionadas à qualidade de grãos, aplicou-se a análise de variância (ANOVA), considerando o delineamento experimental (parcela subdividida), seguida de teste comparativo de médias Tukey a 5% de probabilidade.

A análise “efeito causa” tem como objetivo quantificar proporcionalmente a diferença entre os manejos de água alternativos, inundação intermitente, até o florescimento (IIF); inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura (IIC); e inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura (SSC) em relação ao manejo convencional inundação contínua (ICC). Para obtenção da média, os valores médios para cada manejo alternativo foram divididos pelo valor médio do manejo convencional (ICC) para as variáveis eficiência do uso da água (EUA), produtividade, panícula/m e gessagem. Esse procedimento foi feito para cada cultivar. Para o cálculo do intervalo de confiança, utilizou-se o método Delta-normal, que é uma técnica utilizada para aproximar um vetor aleatório através de uma expansão de Taylor. Para isso, utilizou-se o pacote car (Fox & Weisberg, 2011) do programa R.

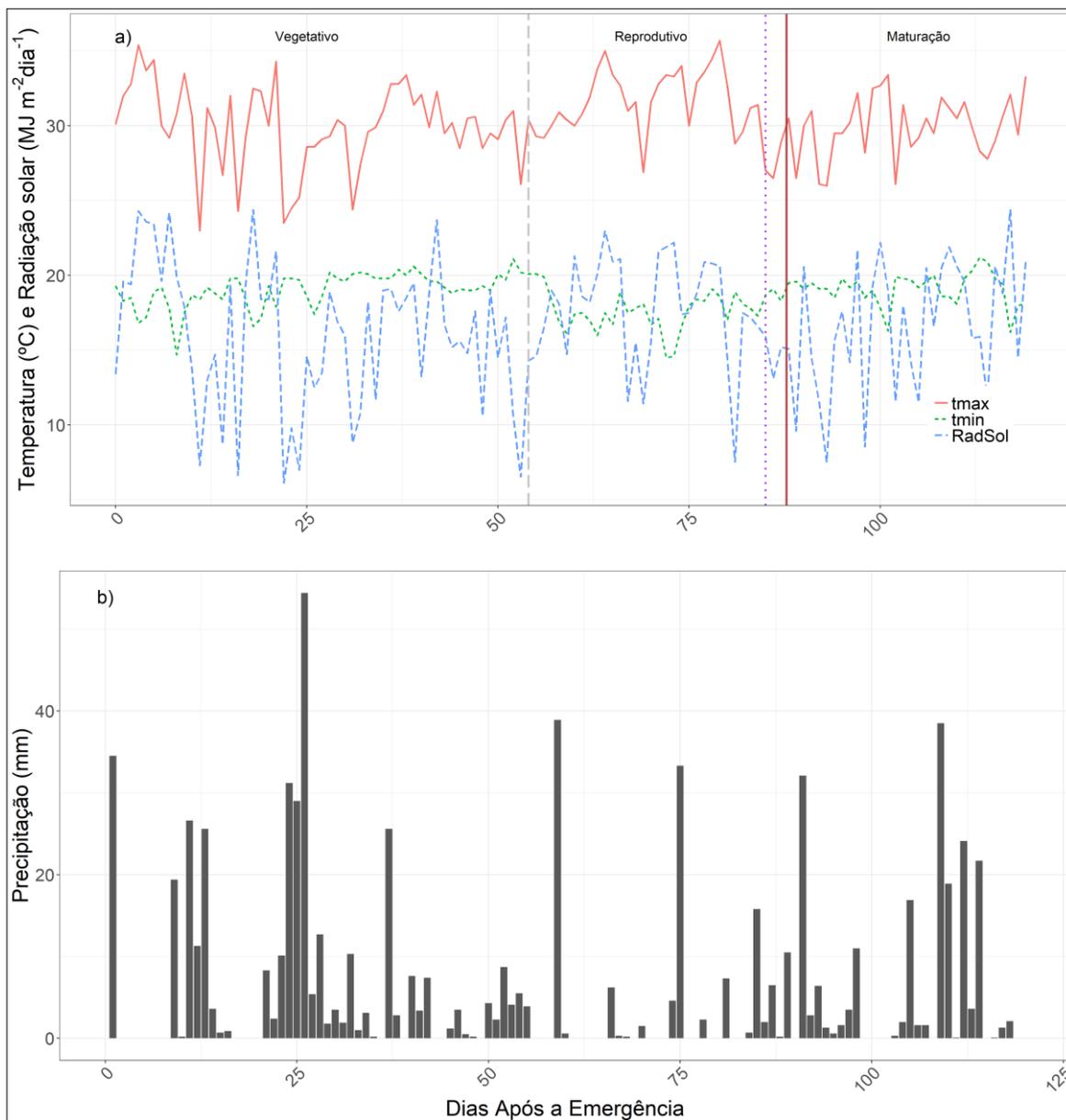
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Dados meteorológicos

A Figura 4 ilustra a dinâmica das variáveis climáticas temperatura máxima, mínima, radiação solar global e precipitação. A Tabela 1 mostra a temperatura máxima, mínima, média, precipitação e radiação global acumulada para as fases vegetativa, reprodutiva, maturação e ciclo todo. Na fase reprodutiva, há um aumento da amplitude térmica causado por um decréscimo na temperatura mínima e um aumento na temperatura máxima. Esse aumento da amplitude térmica reduz o gasto de energia com a respiração durante a noite. Além disso, nessa fase, há um maior acúmulo de radiação global, contribuindo para altos valores de produtividade obtidos no experimento. A radiação global acumulada nesse experimento foi maior que a média esperada para o local do ensaio (Santos et al., 2017), contribuindo também para as altas produtividades obtidas nesse estudo. A precipitação total foi de 702 mm e a sua distribuição adequada para evitar deficiência hídrica (Figura 4b).

**Tabela 1.** Valores acumulados de temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed), precipitação e radiação global (RadSol) para as fases da cultura e período total

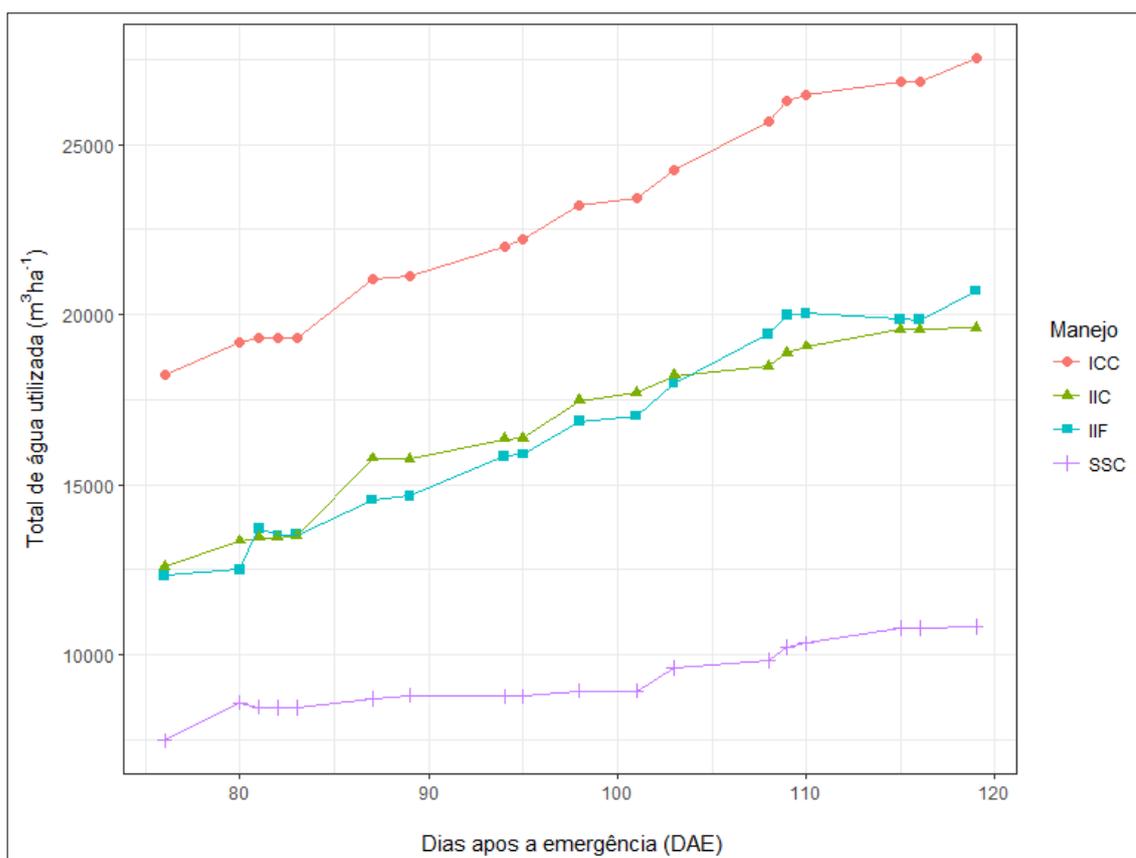
Fase	Tmax	Tmin	Tmed	Precipitação	RadSol
	°C	°C	°C	mm	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>
	Valores Acumulados				
Vegetativa	1618	1029	1251	370	863
Reprodutiva	1036	585	771	123	579
Maturação	988	630	758	209	550
Total	3642	2244	2780	702	1992



**Figura 4.** Dinâmica das variáveis climáticas a) temperatura máxima, mínima do ar, radiação global e b) precipitação. Linha tracejada vertical cinza representa a média dos tratamentos de manejo de água para a iniciação da panícula. Linha vertical pontilhada púrpura e sólida marrom representa o florescimento para a média dos manejos de água ICC, IIF e IIC e SSC, respectivamente

### 3.2. Água utilizada

O manejo de irrigação convencional (ICC), lâmina contínua, foi o que apresentou o maior uso de água, Figura 5, seguido pelos manejos IIF e IIC. Reis et al. (2018), comparando regimes alternativos de irrigação, também concluíram que o manejo convencional teve o maior uso de água. Já o manejo SSC, inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura, foi o que apresentou o menor uso de água, 63% a menos que o manejo convencional. Em decorrência das condições climáticas favoráveis durante o período experimental, precipitação total de 702 mm, Tabela 1, distribuídos durante o período do experimento, Figura 4b, o uso de água do tratamento SSC foi menor que os valores encontrados por Bouman & Tuong (2001), Tabbal et al. (2002), Belder et al. (2004), Mandal et al. (2009), Mishra & Salokhe (2010), Howell et al. (2015) e Carrijo et al. (2017), em média, 30 a 40%. Em relação aos manejos de irrigação IIF e IIC, a redução do uso de água foi de 25 e 29% em relação ao manejo convencional, respectivamente. O manejo SSC apresentou também a maior eficiência do uso da água (EUA),  $0,72 \text{ kg m}^{-3}$ , três vezes mais que o manejo convencional (ICC) (Tabela 2). Já os manejos alternativos IIF e IIC apresentaram um uso de água total similar,  $20.689$  e  $19.592 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente. O maior uso de água no IIF ocorreu na fase de maturação de grãos, 110 dias após a emergência, isso porque, nesse manejo, após o florescimento, a lâmina de irrigação tornou-se contínua. A eficiência do uso da água nesses dois manejos, IIF e IIC, foi de  $0,32$  e  $0,34 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente.



**Figura 5.** Dinâmica da água em razão do manejo de água durante o período de experimento. ICC - inundação contínua; IIF - inundação intermitente até o florescimento; IIC - inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura; e SSC - inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura

**Tabela 2.** Produtividade média, total de água utilizada e eficiência do uso da água para as parcelas referentes ao manejo de irrigação

Manejo de irrigação *	Produtividade média (kg ha <sup>-1</sup> )	Total de água utilizado (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Eficiência do uso da água (kg m <sup>-3</sup> )
ICC	6728	27514	0,24
IIF	6562	20666	0,32
IIC	6643	19569	0,34
SSC	7768	10795	0,72

\*ICC - inundação contínua; IIF - inundação intermitente até o florescimento; IIC - inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura; e SSC - inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura

### 3.3. Impacto do manejo da água na fenologia

O manejo da água não teve efeito para a iniciação da panícula e maturação fisiológica, considerando as quatro cultivares estudadas (Tabela 3). Entre elas, a cultivar Irga 424 apresentou o menor ciclo, com a iniciação da panícula aos 50 dias após a emergência e maturação aos 120 dias (Tabela 4). As cultivares que apresentaram o maior ciclo foram a BRS A702 CL e BRS Catiana, seguidas pela BRS Pampeira.

**Tabela 3.** Análise de variância para os estádios iniciação da panícula, florescimento e maturação fisiológica

FV	Quadrado médio		
	Iniciação da Panícula	Florescimento	Maturação Fisiológica
Manejo	74,41 ns	28,01 ns	4,55 ns
Bloco	139,26 ns	5,76 ns	1,50 ns
Cultivar	141,55 *	218,74 *	461,61 *
Manejo*Cultivar	67,97 ns	11,75 *	2,31 ns
CV1 (%)	15,24	3,91	1,17
CV2 (%)	12,58	2,11	0,92

\* e ns, equivalem a significativo a 5 % de probabilidade de erro e não significativo respectivamente pelo teste F

**Tabela 4.** Valores médios de dias após a emergência para iniciação da panícula e maturação fisiológica

Cultivares	Médias Grupos	
	Iniciação da Panícula	Maturação
BRS A702 CL	56 A	120 A
BRS Catiana	55 AB	119 A
BRS Pampeira	54 AB	114 B
Irga 424	50 B	110 C

Letras maiúsculas comparam as cultivares por meio do teste de Tukey a 5% de significância

Entretanto, para o estágio de florescimento, houve interação entre manejo da água e cultivares (Tabela 3). Essa interação foi observada principalmente para o manejo da água SSC e a cultivar BRS A702 CL, Tabela 5, tendo o manejo SSC retardado o

florescimento da cultivar BRS A702 CL. Esse fenômeno não foi estatisticamente comprovado para as outras cultivares.

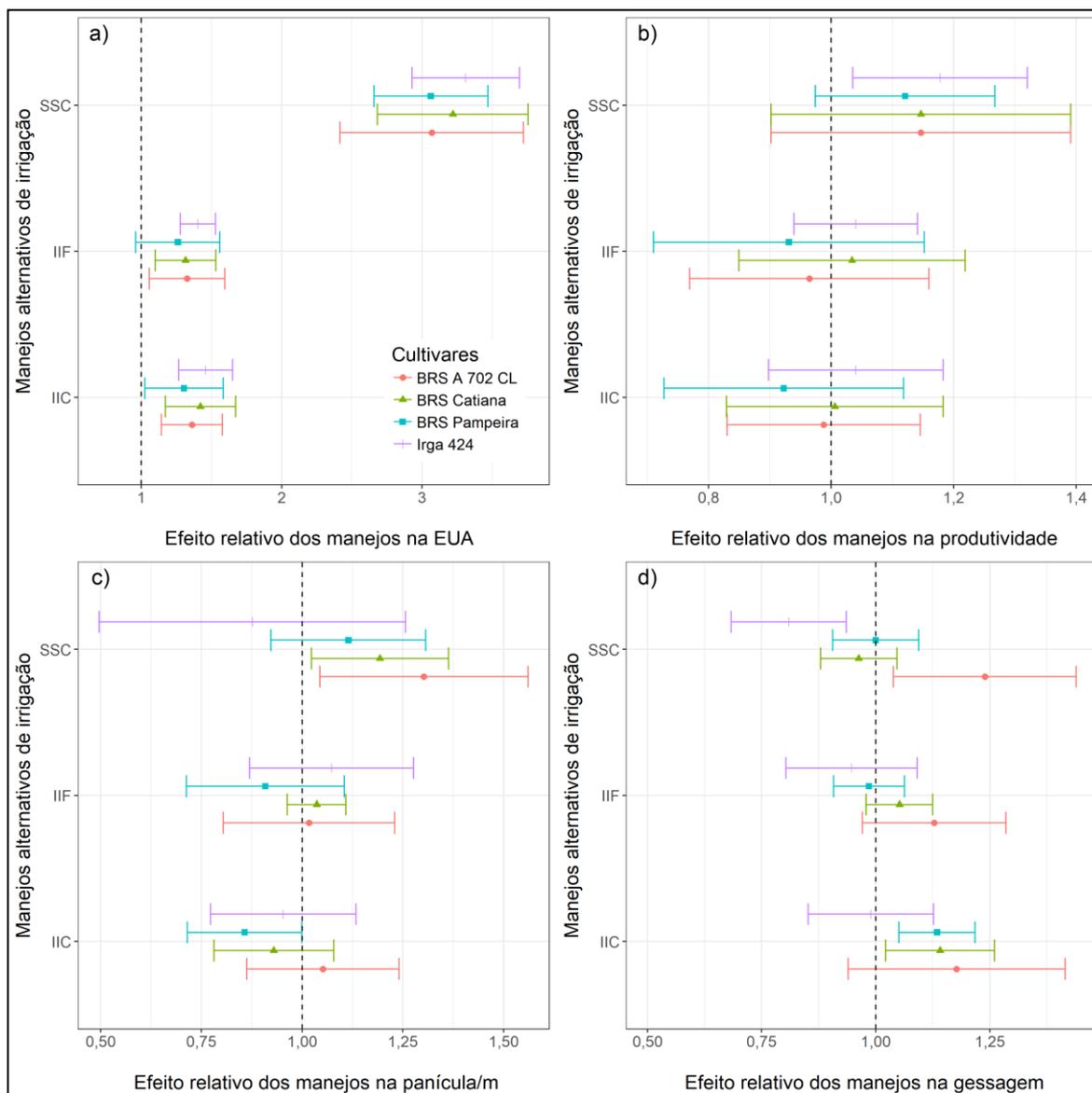
**Tabela 5.** Valores médios para o florescimento em dias após a emergência

Cultivar	Estádio Florescimento			
	Manejo de água*			
	SSC	ICC	IIF	IIC
BRS A702 CL	89 aA	84 bB	84 bB	83 bBC
BRS Catiana	89 aA	87 aA	88 aA	88 aA
BRS Pampeira	92 aA	88 aA	88 abA	87 bAB
Irga 424	81 aB	82 aB	82 aB	82 aC

Letras minúsculas comparam o manejo de água e maiúsculas, as cultivares dentro do manejo de água, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Letras semelhantes indicam que não há diferença estatística.\*ICC - inundação contínua; IIF - inundação intermitente até o florescimento; IIC - inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura; e SSC - inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura

### 3.4. Efeito causa

A análise “efeito causa” quantifica proporcionalmente o efeito do manejo alternativo de irrigação em relação ao convencional (lâmina contínua). Para as quatro cultivares estudadas, o manejo SSC mostrou maior eficiência do uso da água (EUA), basicamente duas vezes maior que o manejo convencional (ICC) (Figura 6a). O manejo SSC também apresentou maior produtividade para as quatro cultivares em relação ao manejo convencional (Figura 6b). A relação panícula por metro, no manejo SSC, foi menor que o convencional somente para a cultivar Irga 424 (Figura 6c). Já para a variável gessamento de grãos, a cultivar Irga 424 apresentou valores menores que no manejo convencional (ICC) somente para o manejo SSC. A cultivar BRS A702 CL apresentou valores maiores de gessamento dos grãos para os três manejos alternativos, em relação ao manejo convencional (Figura 6d).



**Figura 6.** Análise “efeito causa” para as variáveis a) eficiência do uso da água (EUA), b) produtividade, c) panícula por metro e d) gessamento do grão. Ponto central representa a relação entre os valores médios dos manejes alternativos e o convencional, e a linha colorida, o respectivo intervalo de confiança

### 3.5. Produtividade e seus componentes e altura de planta

A análise de variância para produtividade, seus componentes e altura de planta mostra que o manejo da irrigação somente não afetou a massa de 1000 grãos. Esse resultado era esperado, visto a massa de 1000 grãos ser altamente dependente do fator genético (Tabela 6). Já a produtividade de grãos das cultivares não diferiu entre si com o manejo de irrigação, mas teve influência nos componentes da produção número de panículas por m<sup>2</sup>, grãos por panícula, massa de 1000 grãos e na altura de plantas. Não foi observada interação entre manejo da irrigação e cultivares para as variáveis produtividade, número de panículas por m<sup>2</sup>, grãos por panícula, massa de 1000 grãos e na altura de plantas (Tabela 6).

A maior produtividade foi obtida pelo manejo alternativo inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura (SSC). O incremento de produtividade obtido por esse manejo foi de 13% (1.040 kg) em relação ao manejo convencional (ICC) (Tabela 7). Este resultado aponta que a irrigação intermitente é uma boa opção para os produtores de arroz irrigado diminuïrem seus custos pelo menor uso de água e, na pior hipótese, manterem a mesma produtividade do manejo de irrigação convencional. A produtividade média de todos os tratamentos nesse estudo foi superior à média de produtividade de arroz irrigado no estado de Goiás, tendo como referência a mesma safra de implantação do experimento, de 6,3 Mg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017). O número de panículas por metro quadrado foi afetado pelo manejo da irrigação e também pelas cultivares (Tabela 6). O maior número de panículas por metro quadrado foi obtido pelo manejo SSC (Tabela 7). O número de grãos por panículas também foi superior nesse tratamento. A cultivar que apresentou o maior número de panículas por metro quadrado foi a BRS Catiana. O manejo que apresentou o maior valor de grãos por panícula (GP) foi o SSC. A massa de 1000 grãos variou somente entre cultivares, sendo que a cultivar Irga 424 apresentou o menor valor.

A altura de planta está relacionada à predisposição da cultura à ocorrência de acamamento, sendo desejável uma menor altura. Essa característica apresentou valores menores para os manejos alternativos em relação ao manejo convencional de irrigação (Tabela 7). Entre as cultivares, a BRS Pampeira apresentou a maior altura e a Irga 424, a menor.

**Tabela 6.** Análise de variância para as variáveis produtividade (PROD), número de panículas por metro quadrado (N° Pan m<sup>2</sup>), grãos por panícula (GP), peso de 1000 grãos e altura (ALT)

FV	Quadrado médio				
	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )	Pan (N° m <sup>-2</sup> )	GP (n°)	Massa de 1000 grãos (g)	ALT (cm)
Manejo	6406866*	32049*	454,18 *	0,81 ns	45,03*
Bloco	4939082*	4748 ns	218,25 *	1,29 ns	41,98 *
Cultivar	955447ns	68373*	1150,46 *	15,52 *	422,45 *
Manejo*Cultivar	151373ns	17338 ns	153,53 ns	1,34 ns	8,06 ns
CV1 (%)	11,53	10,84	6,86	5,92	2,52
CV2 (%)	10,19	16,97	13,4	5,26	3,65

ns, \*- não significativo e significativo a 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F

**Tabela 7.** Valores de produtividade (PROD), número de panículas por metro quadrado (N° Pan m<sup>-2</sup>), grãos por panícula (GP), massa de 1000 grãos e altura (ALT)

Manejos*	PROD	N° Pan m <sup>-2</sup>	GP	Massa de	ALT
	(kg ha <sup>-1</sup> )	(N°)	(N°)	1000 grãos (g)	(cm)
SSC	7768 A	651 A	83 A	24,76 A	81,15 B
ICC	6728 B	588 B	77 B	24,71 A	83,40 A
IIC	6643 B	554 B	75 BC	24,49 A	80,41 B
IIF	6562 B	594 Ab	72 C	24,99 A	80,06 B
Cultivar					
BRS Catiana	7179 A	646 A	74 BC	25,45 A	81,91 B
BRS Pampeira	7023 A	576 Ab	83 A	24,95 A	86,85 A
BRS A702 CL	6809 A	523 B	82 AB	25,10 A	80,59 B
Irga 424	6690 A	642 A	67 C	23,45 B	75,67 C

Letras minúsculas comparam os valores entre linhas pelo teste de Tukey a 5% de significância. ns – não significativo.\*ICC - inundação contínua; IIF - inundação intermitente até o florescimento; IIC - inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura; e SSC - inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura

### 3.6. Qualidade de grãos

As variáveis grãos inteiros (GI), área gessada (AG), comprimento de grãos (CG) e a relação comprimento/largura (C/L) apresentaram interação entre manejo da irrigação e cultivares (Tabela 8). Para grãos inteiros, o manejo da irrigação afetou

somente a cultivar BRS A702 CL, que apresentou uma menor porcentagem de grãos inteiros para o manejo SSC (Tabela 9). A cultivar Irga 424 apresentou a maior porcentagem de grãos inteiros (Tabela 9). A variável área gessada é importante para a classificação dos grãos de arroz para sua comercialização e interfere na apresentação visual do grão: quanto mais translúcido, menor área gessada, maior o interesse da indústria. Para essa variável, o manejo da irrigação afetou somente as cultivares BRS A702 CL e Irga 424 (Tabela 9). A cultivar BRS A702 CL apresentou os maiores valores de porcentagens de área gessada. A variável comprimento de grãos está relacionada com padrão de grão longo fino, preferência do mercado consumidor brasileiro. Para essa variável, o manejo de irrigação teve efeito para as cultivares BRS Catiana, BRS Pampeira e Irga 424. Os maiores valores de comprimento de grãos foram obtidos pelas cultivares BRS Catiana e a BRS Pampeira. A relação comprimento/largura de grãos segue basicamente o mesmo padrão para o comprimento de grãos, sendo que a cultivar BRS A702 CL apresentou os menores valores (Tabela 9).

**Tabela 8.** Análise de variância para as variáveis relacionadas à qualidade de grãos: grãos inteiros (GI), área gessada (AG), comprimento de grãos (CG), relação comprimento/largura (C/L) e rendimento industrial de grãos (R)

FV	Quadrado médio				
	GI (%)	AG (%)	CG(mm)	C/L	R (%)
Manejo	6,939 ns	13,46*	0,040 *	0,006 *	3,233 ns
Bloco	7,035 ns	12,82 *	0,032 *	0,002 *	7,925 ns
Cultivar	77,136 *	612,61*	0,700 *	0,657 *	16,450 *
Manejo*Cultivar	9,115 *	12,13 *	0,014 *	0,002 *	3,066 ns
CV1 (%)	3,95	8,79	0,38	0,58	2,57
CV2 (%)	3,26	9,76	0,65	0,63	2,06

ns, \*- não significativo e significativo a 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F

**Tabela 9.** Valores de grãos inteiros (GI,%), área gessada total (AG, %), comprimento de grãos (CG, mm) e relação comprimento/largura de grãos (C/L)

Cultivar	Manejo*			
	SSC	ICC	IIF	IIC
Grãos inteiros (GI,%)				
BRS A702 CL	55,90 bB	60,56 aAB	60,10 aA	59,29 abAB
BRS Catiana	58,40 aB	57,22 aC	56,24 aB	58,55 Ab
BRS Pampeira	58,15 aB	58,91 aBC	60,05 aA	57,81 aB
Irga 424	61,68 aA	62,51 aA	62,67 aA	61,84 aA
Área gessada total (AG, %)				
BRS A702 CL	28,00 aA	22,56 bA	25,51 aA	26,59aA
BRS Catiana	13,04aB	13,52 aC	14,23 aC	15,42aC
BRS Pampeira	13,39 aB	13,43 aC	13,16 aC	15,22aC
Irga 424	15,31 bB	18,85 aB	17,85 abB	18,67bB
Comprimento de grãos (CG, mm)				
BRS A702 CL	6,78 aB	6,82 aB	6,80 aB	6,81 aB
BRS Catiana	7,09 aA	7,07 aA	6,92 cA	7,00 bA
BRS Pampeira	7,03 aA	7,00 aA	6,88 bA	6,82 bB
Irga 424	6,58 aC	6,63 aC	6,56 aC	6,59 aC
Relação comprimento/largura de grãos (C/L)				
BRS A702 CL	3,26 aB	3,27 aC	3,26 aC	3,26 aD
BRS Catiana	3,63 aA	3,63 aA	3,57 bA	3,61 aA
BRS Pampeira	3,62 aA	3,61 aA	3,59 aA	3,55 bB
Irga 424	3,29 bB	3,35 aB	3,30 bB	3,31 bC

Letras minúsculas comparam o manejo de água e maiúscula, as cultivares dentro do manejo de água, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Letras semelhantes indicam que não há diferença estatística.\*ICC - inundação contínua; IIF - inundação intermitente até o florescimento; IIC - inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura; e SSC - inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura

O rendimento industrial de grãos (R) é uma característica utilizada pela indústria para valorização do produto na hora da compra. Essa variável foi afetada somente pela cultivar. A cultivar Irga 424 apresentou os maiores valores de R (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores de rendimento industrial de grãos (R, %)

Manejos*	R (%)
SSC	67,03 A
ICC	67,19 A
IIC	67,94 A
IIF	67,51 A
<b>Cultivar</b>	
BRS Catiana	66,37 C
BRS Pampeira	67,05 BC
BRS A702 CL	67,78 AB
Irga 424	68,47 A

Letras maiúsculas comparam as cultivares por meio do teste de Tukey a 5% de significância. \*ICC - inundação contínua; IIF - inundação intermitente até o florescimento; IIC - inundação intermitente durante todo o ciclo da cultura; e SSC - inundação intermitente severa durante o ciclo da cultura

#### 4. CONCLUSÕES

A produtividade de grãos de arroz irrigado com manejo intermitente é similar ou superior à produtividade do manejo convencional (lâmina contínua), com menor uso de água.

A qualidade dos grãos das cultivares difere com o manejo de irrigação.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belder, P.; Bouman, B. A. M.; Cabangon, R.; Ugoan, L.; Quilang, E. J. P.; Iyuanhua, L.; Spiertz, J. H. J.; Tuong, T. P. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural Water Management*, v. 65, n. 3, p. 193-210, mar. 2004.

Borém, A.; Nakano, P. H. Arroz: do plantio à colheita. Viçosa-MG: Ed. UFV, 2015. 242p.

Bouman, B.; Tuong, T. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management*, v. 49, n. 1, p. 11 – 30, jul. 2001.

Carrijo, D. R.; Lundy, M. E.; Linqvist, B. A. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Research*, v. 203, p. 173-180, mar. 2017.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2016/2017. Décimo segundo levantamento, v.4, n.12, Brasília, set. 2017. 158 p. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_09\\_12\\_09\\_01\\_56\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_09_01_56_boletim_graos_setembro_2017.pdf). Acesso em: 27 set. 2017.

Das, S.; Chou, M.; Jean, J.; Liu, C.; Yang, H. Water management impacts on arsenic behavior and rhizosphere bacterial communities and activities in a rice agro-ecosystem. *Science of the Total Environment*, v. 542, p. 642–652, jan. 2016.

Fox, J.; Weisberg, S. An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks-CA: Sage, 2011. 449p. Disponível em: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>. Acesso em: 27 set. 2017.

Gomes, A. da S.; Petrini, J. A.; Fagundes, P. R. R. Manejo Racional da Cultura do Arroz Irrigado "Programa Marca". Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 203 p.

Howell, K. R.; Shrestha, P.; Dodd, I. C. Alternate wetting and drying irrigation maintained rice yields despite half the irrigation volume, but is currently unlikely to be adopted by smallholder lowland rice farmers in Nepal. *Food and Energy Security*, v. 4, n. 2, p. 144–157, 2015.

Linqvist, B.; Anders, M. M.; Adviento-Borbe, M. A. A.; Chaney, R. L.; Nalley, L. L.; Rosa, E. F. F.; Kessel, C. V. Reducing greenhouse gas emissions, water use, and grain

arsenic levels in rice systems. *Global Change Biology*, v. 21, n. 1, p. 407–417, set. 2014.

Mandal, S. N.; Regmi, A. R.; Ladha, J. K.; Tuong, T. P. Crop establishment, tillage, and water management effects on crop and water productivity in the rice-wheat rotation in Nepal. In: Ladha, J.K.; Yadvinder-Singh; Erenstein, O.; Hardy, B. Integrated crop and resource management in the rice-wheat system of South Asia. Los Baños-Philippines: International Rice Research Institute – IRRI, 2009. p. 239-260.

Mishra, A.; Salokhe, V. M. The effects of planting pattern and water regime on root morphology, physiology and grain yield of rice. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 196, n. 5, p. 368-378, out. 2010.

Nalley, L. L.; Linqvist, B.; Kovacs, K. F.; Anders, M.M. The economic viability of alternate wetting and drying irrigation in Arkansas rice production. *Agronomy Journal*, v. 107, n. 2, p. 579-587, 2015.

Oliveira, V. A.; Rodrigues, C. Levantamento detalhado dos solos da fazenda Palmital, município de Goianira - GO. Goiânia: Viasat, 2012. 81 p.

Price, A. H.; Norton, G. J.; Salt, D. E.; Ebenhoeh, O.; Meharg, A. A.; Meharg, C.; Islam, M. R.; Sarma, R. N.; Dasgupta, T.; Ismail, A. M.; Macnally, K. L.; Zhang, H.; Dodd, I. C.; Davies, W. J. Alternate wetting and drying irrigation for rice in Bangladesh: Is it sustainable and has plant breeding something to offer? *Food Energy Security*, v. 2, n. 2, p. 120-129, ago. 2013.

Reis, A. F. de B.; Almeida, R. E. M. de; Lago, B. C.; Trivelin, P. C.; Linqvist, B.; Favarin, J. L. Aerobic rice system improves water productivity, nitrogen recovery and crop performance in Brazilian weathered lowland soil, *Field Crops Research*, v. 218, n. 1, p. 59-68. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.002>.

Richards, M.; Sander, B. O. Alternate wetting and drying in irrigated rice: implementation guidance for policy makers and investors. Montpellier: CGIAR, 2014.

Rothenberg, S. E.; Anders, M.; Ajami, N. J.; Petrosino, J.F.; Baloq, E. Water management impacts rice methylmercury and the soil microbiome. *Science of the Total Environment*, v. 572, p. 608–617, 2016.

Santos, M. P. dos; Zanon, A. J.; Cuadra, S. V.; Steinmetz, S.; Castro, J. R. de; Heinemann, A. B. Yield and morphophysiological indices of irrigated rice genotypes in contrasting ecosystems. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Online)*, v. 47, p. 253-264, 2017.

Silva, C. A. S. da; Parfitt, J. M. B. Irrigação por inundação intermitente para culturas em rotação ao arroz em áreas de várzea do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado, Circular técnica, 45).

SOSBAI- Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: SOSBAI, p. 99-100, 2016.

Tabbal, D. F.; Bouman, B. A. M.; Bhuiyan, S. I.; Sibayan, E. B.; Sattar, M. A. On- farm strategies for reducing water input in irrigated rice; case studies in the Philippines . *Agricultural Water Management*, v. 56, p. 93-112, 2002.

USDA/FAS.Grain: world marketsand trade. july, 2017. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2017.

Wassmann, R.; Nelson, G. C.; Peng, S. B.; Sumfleth, K.; Jagadish, S. V. K.; Hosen, Y.; Rosegrant, M. Rice and global climate change. In: Pandley, S. et al. (Ed.). *Rice in the global economy: strategic research and policy issues for food security*. Los Baños-Philippines: International Rice Research Institute – IRRI, 2010.