



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**LÂMINAS DE ÁGUA, INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM  
*Azospirillum brasilense* E DOSES DE NITROGÊNIO EM ARROZ  
TERRAS ALTAS**

**RENATA DA SILVA MOURA**

Engenheira Agrônoma

Ilha Solteira - SP  
Outubro, 2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum  
brasilense* e doses de nitrogênio em arroz terras altas

**RENATA DA SILVA MOURA**  
Engenheira Agrônoma

**Orientador:** Prof. Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira - SP  
Outubro, 2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

Moura, Renata da Silva.  
M929L Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*  
e doses de nitrogênio em arroz terras altas / Renata da Silva Moura.  
Ilha Solteira : [s.n.], 2011  
59 f. : il.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2011

Orientador: Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues  
Inclui bibliografia

1. Sulfato de amônio. 2. Irrigação por aspersão. 3. Arroz.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

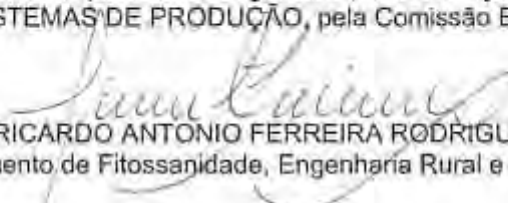
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


**TÍTULO:** Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em arroz terras altas

**AUTORA:** RENATA DA SILVA MOURA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,  
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. ORIVALDO ARF  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Profa. Dra. RITA DE CASSIA FELIX ALVAREZ  
Departamento de Agronomia / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Data da realização: 14 de outubro de 2011.

Aos meus pais Maria e José, por todo amor e dedicação que sempre tiveram comigo;

Ao meu irmão Renato; e

A minha querida avó Sebastiana Rosa de Moura (*in memoriam*).

**DEDICO**

Ao Prof<sup>o</sup> Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues e a Prof<sup>a</sup> Ana Maria Rodrigues Cassiolato por todo apoio

E as minhas queridas amigas Márcia e Marley

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre em primeiro lugar, por permitir a conclusão de mais uma etapa da minha vida, por me dar força, ânimo e paciência nos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos espíritos protetores por me guiarem e por me dar o suporte necessário nas horas difíceis.

Aos meus pais Maria e José, por todo amor, carinho e paciência. Muito obrigada por acreditarem em mim, por me apoiarem no caminho que escolhi e pela pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão Renato Moura por seu carinho e por sempre me ajudar nas horas que mais precisei.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues por sua orientação, pelos conselhos, paciência e, principalmente, por ter me aceito como orientada.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Maria Rodrigues Cassiolato por seus conselhos, carinho e por seu apoio, sempre serei grata por tudo que a senhora fez por mim.

Ao Conselho de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de concluir o mestrado.

A Fundação Agrisus pela concessão da bolsa de estudos sob o processo 815/11.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – Campus de Ilha Solteira pelo auxílio na condução do experimento, em especial ao Éder, Clayton e Onilton.

Aos Professores da Pós-graduação pelos ensinamentos e oportunidades de aprimorar o conhecimento.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Orivaldo Orf por ceder parte da sua área para a realização deste projeto.

A minha família, principalmente a minha Tia Maria Brasilina pelo seu apoio e seu carinho.

Aos colegas da Pós-Graduação e, principalmente, aos amigos Vinicius Tabet, Ricardo Sartori, Claudinei Kappes, Juliana Mariano, Ana Paula Santana, Cássia Garcia, Luís Paulo, João Paulo e Renato Jaqueto.

As minhas queridas amigas Adriana Avelino, Carla Deisiane, Josilene (Jô), Keli Machado e Michele Silva. Não tenho palavras para agradecer todo carinho e apoio que vocês me deram durante esta caminhada.

A minha amiga Márcia Scabora por seu apoio incondicional, por todos os momentos de amizade proporcionada, hoje posso dizer que mais que uma amiga, você é uma irmã.

Aos meus amigos Elaine, Everaldo, Alex, Alan, Elson (Roadie), Rique, Keila, Eloisa, Milene, Danilo (Piqui), Jorge (Russo), Wellma, Paula Carvalho, Lilian e Adilson por todos os momentos vivenciados durante esses anos.

Aos amigos distantes, mas nunca ausentes Elisângela, Paloma, Andréia, Patrícia, Priscila Portela, Jeferson Portela, José Valdo, Daiana, Janaína, Renata, Iomark (Marquinhos), Bruno Freitas, Bruna Silva, Wilma, Susana, Fernandha e Luigi.

Aos amigos do Laboratório de Hidráulica e Irrigação Diego (Piro), Gilmar Oliveira e Ronaldo Cintra Lima pelo apoio e amizade, muito obrigada por tudo que vocês fizeram por mim.

A D. Ana que me acolheu como uma filha desde a época da graduação e a D. Neide por permitir o empréstimo de algumas obras para a revisão deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram com a realização deste projeto, com a minha formação acadêmica, profissional e pessoal, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Não acredite em algo simplesmente porque ouviu. Não acredite em algo simplesmente porque todos falam a respeito. Não acredite em algo simplesmente porque esta escrito em seus livros religiosos. Não acredite em algo só porque seus professores e mestres dizem que é verdade. Não acredite em tradições só porque foram passadas de geração em geração. Mas depois de muita análise e observação, se você vê que algo concorda com a razão, e que conduz ao bem e benefício de todos, aceite-o e viva-o.

**Buda**



# LÂMINAS DE ÁGUA, INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *Azospirillum brasilense* E DOSES DE NITROGÊNIO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS.

Autor: Renata da Silva Moura

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues

## RESUMO

Os manejos de água e de nitrogênio são importantes para atender adequadamente as necessidades da planta de arroz. Em região com verão chuvoso, o manejo de água é função do regime das precipitações e das irrigações, as quais são realizadas para suprir os períodos de deficiência hídrica. Em relação à necessidade por nitrogênio, o mesmo pode ser suprido com aplicação no solo na forma mineral e, também pela utilização de bactérias capazes de fixar o nitrogênio atmosférico ou a combinação dos dois métodos. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura, utilizando como fonte nitrogenada o sulfato de amônio, no desenvolvimento, componentes de produção, produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de lâminas de água (irrigado + precipitação pluvial e não irrigado + precipitação pluvial), da inoculação das sementes (não inoculado e inoculado) e da adubação nitrogenada em cobertura (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N). A altura de plantas foi influenciada pelo manejo de água e pelas doses de nitrogênio testadas, mas não ocorreu acamamento de plantas. O manejo de água também influenciou o número de panículas m<sup>-2</sup>, a fertilidade dos colmos e das espiguetas, teor de nitrogênio na planta, nos grãos e na folha, massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos, além de reduzir o número de dias para o florescimento e a duração do ciclo da cultura. A inoculação das sementes com *A. brasilense* aumentou o número de colmos e número de panículas por metro quadrado. As doses de N testadas não interferiram na produtividade do arroz de terras altas.

**Palavras-chave:** Sulfato de amônio. Irrigação por aspersão. *Oryza sativa* L.

# WATER LEVELS, SEEDS INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense* AND NITROGEN DOSES IN UPLAND RICE.

Author: Renata da Silva Moura

Advisor: Prof. Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues

## ABSTRACT

The water and nitrogen management are important to adequately meet the needs of the rice plant. In the region with a rainy summer, the water management is a function of rainfall and irrigation which are made to meet periods of water stress. The nitrogen can be supplied with application to soil in mineral form and the use of bacteria capable of fixing atmospheric nitrogen or combination of two methods. Therefore, the objective of this study was to evaluate the water levels, seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen doses, in cover, in the development, production components, productivity and quality of grain of upland rice. A randomized block design was used in a 2 x 2 x 5 factorial scheme, with four repetitions. The treatments consisted in water levels (irrigation + rainfall and no irrigation + rainfall), seeds inoculation (uninoculated and inoculated) and nitrogen fertilization in cover (0, 25, 50, 75 and 100 kg ha<sup>-1</sup> N). The high plants was influenced by water management and nitrogen doses tested, but there was no bedding plants. The water management also influenced number of panicles per square meter, the fertility of stems and spikelets, nitrogen content in plant, grains and leaf, mass of 100 grains, hectoliter weight and grain yield, and reduce the number of the days to flowering and duration of the crop cycle. The seeds inoculation with *A. brasilense* increased the number of stems and number of panicles per square meter. The nitrogen doses were tested did not interfere in yield of upland rice.

**Key words:** Ammonium sulfate. Sprinkler Irrigation. *Oryza sativa* L.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Análise química do solo, na camada de 0-0,2 m da área experimental.....	26
<b>Tabela 2</b>	Coeficientes de cultura (Kc) utilizados durante as fases de desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas em Selvíria-MS, 2010/11.....	28
<b>Tabela 3</b>	Dias transcorridos após a emergência (DAE) das plântulas e o florescimento pleno e dias transcorridos entre a emergência das plântulas e a colheita em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, a inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, 2010/11.....	33
<b>Tabela 4</b>	Lâminas de água da precipitação e da irrigação durante o ciclo do arroz de terras altas. Selvíria - MS, 2010/11.....	34
<b>Tabela 5</b>	Valores médios de altura de plantas (ALT), número de colmos $m^{-2}$ ( $NC m^{-2}$ ) e número de panículas $m^{-2}$ ( $NP m^{-2}$ ) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, 2010/11.....	35
<b>Tabela 6</b>	Valores médios de fertilidade dos colmos (FC) e fertilidade das espiguetas (FE) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, 2010/11.....	37
<b>Tabela 7</b>	Valores médios de número de grãos total panícula <sup>-1</sup> ( $NGT p^{-1}$ ), número de grãos cheios panícula <sup>-1</sup> ( $NGC p^{-1}$ ) e número de grãos chochos panícula <sup>-1</sup> ( $NGCH p^{-1}$ ) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, 2010/11.....	39
<b>Tabela 8</b>	Desdobramento da interação manejo de água x inoculação de sementes para número de grãos total panícula <sup>-1</sup> em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria – MS, 2010/11.....	40
<b>Tabela 9</b>	Desdobramento da interação manejo de água x inoculação de sementes para número de grãos cheios panícula <sup>-1</sup> em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria, - MS,	

	2010/11.....	41
<b>Tabela 10</b>	Valores médios de massa de 100 grãos (MCG), massa hectolétrica (MH) e produtividade de grãos (Prod) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria – MS, 2010/11.....	42
<b>Tabela 11</b>	Valores médios do teor de nitrogênio na planta (TP), teor de nitrogênio nos grãos (TG) e teor de nitrogênio nas folhas (TF) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, 2010/11.....	44
<b>Tabela 12</b>	Rendimento de benefício (RB), rendimento de grãos inteiros (RGI) e grãos quebrados (GQ) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, 2010/11.....	45

#### LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Gráfico com a precipitação, temperaturas média, máxima e mínima registadas durante o período de execução do experimento. Selvíria - MS, 2010/11.....	27
-----------------	--	----

#### ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Cultura do arroz aos 30 dias após a emergência. Selvíria - MS, 2010/11.....	59
<b>Anexo 2</b>	Cultura do arroz aos 57 dias após a emergência. Selvíria - MS, 2010/11.....	59
<b>Anexo 3</b>	Fase reprodutiva, 88 dias após a emergência. Selvíria - MS, 2010/11.....	60
<b>Anexo 4</b>	Cultura do arroz na fase final do desenvolvimento. Selvíria - MS, 2010/11.....	60

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	Cultura do Arroz.....	16
<b>2.2</b>	Irrigação.....	17
<b>2.3</b>	<i>Azospirillum brasilense</i> .....	19
<b>2.4</b>	Adubação Nitrogenada.....	21
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	Caracterização da área experimental.....	26
<b>3.2</b>	Instalação do experimento.....	27
<b>3.2.1</b>	Irrigação.....	27
<b>3.2.2</b>	Inoculação.....	28
<b>3.2.3</b>	Adubação nitrogenada.....	29
<b>3.3</b>	Delineamento experimental e tratamentos.....	29
<b>3.4</b>	Controle de plantas daninhas e colheita.....	29
<b>3.5</b>	Avaliações dos atributos da cultura.....	29
<b>3.5.1</b>	Emergência das plântulas.....	29
<b>3.5.2</b>	Florescimento.....	30
<b>3.5.3</b>	Maturação (ciclo).....	30
<b>3.5.4</b>	Altura de plantas.....	30
<b>3.5.5</b>	Acamamento.....	30
<b>3.5.6</b>	Número de colmos $m^{-2}$ .....	30
<b>3.5.7</b>	Número de panículas $m^{-2}$ .....	30
<b>3.5.8</b>	Fertilidade dos colmos.....	30
<b>3.5.9</b>	Fertilidade das espiguetas.....	30
<b>3.5.10</b>	Número de grãos total por panícula.....	31
<b>3.5.11</b>	Número de grãos cheios e grãos chochos por panícula.....	31
<b>3.5.12</b>	Massa de 100 grãos.....	31
<b>3.5.13</b>	Massa hectolétrica.....	31
<b>3.5.14</b>	Produtividade de grãos.....	31
<b>3.5.15</b>	Teor de nitrogênio na planta, nos grãos e na folha bandeira.....	31
<b>3.5.16</b>	Rendimento de engenho, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados.....	31
<b>3.6</b>	Análise estatística.....	32
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	Florescimento de Maturação (ciclo).....	33
<b>4.2</b>	Altura de plantas, acamamento, número de colmos $m^{-2}$ e número de panículas $m^{-2}$ .....	34
<b>4.3</b>	Fertilidade dos colmos e fertilidade das espiguetas.....	37
<b>4.4</b>	Número de grãos total, número de grãos cheios e número de grãos chochos por panícula.....	38
<b>4.5</b>	Massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos.....	41
<b>4.6</b>	Teor de nitrogênio na planta, teor de nitrogênio nos grãos e teor de nitrogênio na folha bandeira.....	43
<b>4.7</b>	Rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados.....	44
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz tem importância na alimentação da população mundial, sendo um dos cereais mais cultivados no mundo. O Brasil, atualmente, está entre os 10 primeiros produtores de arroz e este é considerado alimento básico na dieta dos brasileiros.

O cultivo de arroz no Brasil pode ser realizado sob dois ecossistemas: 1º ecossistema de várzeas, o qual é responsável pela maior parcela de produção de arroz no Brasil; 2º ecossistema de terras altas, o qual possui a maior área de cultivo em relação ao ecossistema de várzeas, mas por depender da precipitação pluvial para suprir a demanda hídrica tem sua produtividade reduzida. Isto porque, a irregularidade da distribuição de chuvas durante o período de cultivo do arroz é frequente, portanto, a necessidade de água pela planta em determinada fase pode não ser atendida, comprometendo o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, a sua produtividade.

A irrigação é uma prática que, aliada a correta adubação, controle de pragas e doenças, garante boa produtividade as culturas, pois fornece água durante os períodos mais críticos do desenvolvimento das mesmas. Por isso, a utilização da irrigação no cultivo do arroz de terras altas torna-se uma prática importante para garantir o sucesso do mesmo.

A necessidade de adubação nitrogenada, a perda de nitrogênio para o ambiente, o alto custo de produção baseado em consumo de energia fóssil e os custos de aplicação de nitrogênio são fatores que justificam a condução de pesquisas no sentido de utilizar bactérias capazes de fixar nitrogênio diretamente da atmosfera, reduzindo assim as perdas para o ambiente, a poluição de águas e solos e o custo de produção (LADHA; REDDY, 2003).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são fixadoras de nitrogênio, portanto, as mesmas são capazes de quebrar a tripla ligação do nitrogênio atmosférico, transformando-o em formas assimiláveis pela planta, como amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) e o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Por isso, essas bactérias têm sido utilizadas como inoculante em sementes de arroz, para auxiliar no fornecimento de parte do nitrogênio que a planta necessita.

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas culturas, por isso sua disponibilidade é considerada um fator limitante, determinando o crescimento e desenvolvimento da planta. Além desta consideração, o manejo do nitrogênio dentro de um sistema agrícola é dificultado pelas diversas reações químicas e biológicas que o mesmo está sujeito.

O arroz responde bem a adubação nitrogenada, porém deve-se tomar cuidado com relação às doses aplicadas, isto porque o N promove o crescimento da planta e com o excesso do mesmo, pode ocorrer o acamamento das plantas, o que prejudicará a produção.

A partir dessas considerações, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no desenvolvimento, componentes de produção, produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cultura do Arroz**

O arroz é uma planta originária da região do Sudoeste da Ásia e de lá foi disseminada para todas as partes do mundo. Esta espécie possui ciclo anual e é considerada uma planta hidrófila, cultivada em solos alagados, mas com a evolução da espécie, a mesma passou a ser cultivada em solos não alagados.

O ciclo do arroz pode ser dividido em três fases distintas: vegetativa, reprodutiva e maturação. A fase vegetativa refere-se ao período que vai da germinação ao início do primórdio da panícula; a fase reprodutiva, do início do primórdio até o florescimento; a fase de maturação vai do florescimento até a maturação dos grãos (FERRAZ, 1987).

O arroz, juntamente com o milho e o feijão, possui importância social e econômica, pois é muito utilizado na alimentação humana, isto porque é considerado um alimento básico e essencial para o consumo de uma dieta saudável, como fonte primária de energia advinda de carboidratos complexos, além de fonte proteica (NAVES; BASSINELLO, 2006).

A China é o maior produtor de arroz do mundo, contribuindo com cerca de 34% da produção mundial (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2009). No Brasil o arroz ocupa a terceira posição em termos de produção, sendo antecedido pela soja e pelo milho IBGE (2004).

A cultura do arroz é largamente difundida no Brasil, sendo cultivado em praticamente todos os estados, e em alguns deles, constituindo a principal fonte de renda agrícola (SANTANA et al., 2004).

De acordo com Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB (2011) a produção nacional de arroz da safra 2010/11 chegou a 13.733,2 milhões de toneladas, provinda de uma área cultivada de 2.858,1 milhões de hectares.

No Brasil existem dois tipos de ecossistemas de produção para a cultura do arroz: o arroz cultivado em várzeas sistematizadas, onde existe o controle da lâmina de água; e em



várzeas úmidas não sistematizadas, na qual o fornecimento de água ocorre pela elevação do nível do lençol freático e pela distribuição pluvial. No cultivo do arroz sob o ecossistema de terras altas, a cultura pode ser conduzida sem irrigação e ficar dependente da distribuição pluvial durante o ciclo; ou pode ser conduzida com o uso da irrigação suplementar por aspersão.

Para Crusciol (1999), a baixa produtividade do arroz de terras altas está ligada, principalmente, a períodos de deficiência hídrica que a planta sofre durante o seu ciclo.

Por ser uma planta não muito exigente em nutrientes, quando comparada ao milho, o arroz, no ecossistema de terras altas, era muito utilizado em áreas recém-abertas. Mas com o melhoramento desta espécie e com o emprego de novas tecnologias, o arroz de terras altas passou a ganhar importância em área e em produtividade.

A Região Centro-Oeste é a mais importante no cultivo do arroz de terras altas. Nessa região, predominam os Latossolos, que apresentam boas características físicas, mas de baixa fertilidade natural. A precipitação pluvial está ao redor dos 1.500 mm, distribuídos ao longo dos meses de outubro e maio (GUIMARÃES et al., 2006).

## **2.2 Irrigação**

A água é um dos fatores que auxiliam no crescimento e desenvolvimento das plantas, logo a prática da irrigação auxilia no atendimento da demanda hídrica das culturas, com a aplicação de água de forma uniforme e eficiente. A estabilidade de produção proporcionada pela irrigação estimula o agricultor a usar práticas agrícolas de maior nível tecnológico que, conseqüentemente, induz ao aumento da produtividade (MIQUELETTI et al., 2007).

A irrigação da cultura do arroz pode ser feita por diferentes métodos tais como inundação, subirrigação e aspersão (STONE et al., 2006). O uso da irrigação garante produtividades mais elevadas, para o arroz cultivado no ecossistema de terras altas e segundo Stone e Moreira (2001) com o uso dessa tecnologia as lavouras ficam menos suscetíveis ao estresse hídrico, o rendimento no beneficiamento é maior e a qualidade dos grãos é melhor quando comparado ao arroz conduzido sem irrigação.

Stone et al. (1979) relatam que para se obter sucesso na irrigação, um fator importante a ser considerado, é o conhecimento das fases de desenvolvimento da cultura em relação à tolerância da planta à falta de água, ou daqueles períodos em que o suprimento suficiente de água é uma necessidade absoluta. A deficiência hídrica reduz a produção, mas

esta redução depende, sobretudo, do estágio de desenvolvimento em que ocorre a severidade e a duração da deficiência (FAGERIA, 1984).

A supressão de água nos estádios de perfilhamento e diferenciação floral ao florescimento diminui o número de panículas por metro quadrado e reduz a massa dos grãos, diminuindo a produtividade. A partir da fase leitosa do enchimento dos grãos, o consumo de água é menor (STONE et al., 1979). De acordo com Fageria (1984), o consumo total de água pela cultura do arroz ocorre da seguinte forma: 30% durante a fase vegetativa, 55% durante a fase reprodutiva e 15% durante a fase de maturação, sendo que o consumo máximo ocorre a uma semana da floração.

A deficiência hídrica na cultura do arroz pode causar prejuízos na produtividade, principalmente se esta ocorrer durante o período do florescimento. Logo após a semeadura a ocorrência de deficiência hídrica durante a germinação das sementes e emergência das plântulas pode resultar em redução na população de plantas (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Quando a deficiência hídrica ocorre durante a fase vegetativa pode-se observar plantas com baixo perfilhamento, área foliar reduzida, além de aumento no número de dias do ciclo da cultura. Crusciol et al. (2003a) avaliaram a produtividade e qualidade industrial de grãos da cultivar Caiapó em função de cinco lâminas de irrigação, e observaram que o tratamento não irrigado aumentou o número de dias da emergência ao florescimento e que a deficiência hídrica ocorrida na fase vegetativa prolongou o ciclo da cultura. Os autores verificaram que o uso do coeficiente de cultura ( $K_c = 1,95$ ), utilizado na lâmina 4, na qual foi contabilizado 1176,5 mm de água durante o ciclo da cultura, foi o que apresentou menor duração de dias da emergência para o florescimento e de duração do ciclo.

Oliveira (1994) avaliou o efeito da densidade de semeadura no desenvolvimento das cultivares de arroz Araguaia, Caiapó, IAC 201 e Carajás, em condições de sequeiro e irrigado por aspersão e, também, verificou que a deficiência hídrica durante a fase vegetativa da cultura prolongou o ciclo da cultura.

No cultivo do arroz de terras altas, que ocorre durante a estação chuvosa, existe a possibilidade da ocorrência de períodos de estiagem, denominado de veranicos, o que prejudica o ciclo da cultura e a sua produtividade, principalmente se o mesmo ocorrer no período reprodutivo, pois de acordo com Crusciol et al. (2003b), a fase reprodutiva é o período mais crítico com relação à deficiência hídrica. Os autores ainda relatam que pode ocorrer perda total da lavoura, caso períodos de estiagem ocorram durante o florescimento e, durante a meiose da célula mãe do grão de pólen.

A baixa capacidade de retenção de água dos solos, aliada à alta demanda evapotranspirativa da atmosfera durante esses períodos, faz com que os veranicos causem sérios decréscimos na produtividade do arroz, provocando oscilações na produção (STONE et al., 2006). Para contornar esse problema, Arf et al. (2002) apontaram como solução o uso da irrigação por aspersão para diminuir o risco de perdas, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos grãos.

O uso da irrigação por aspersão proporciona produtividades mais elevadas em relação ao arroz recebendo apenas água da chuva (COELHO, 1976).

Rodrigues et al. (2004) avaliaram o uso de três lâminas de irrigação nas cultivares Maravilha e Confiança sob sistema plantio direto e concluíram que o uso da irrigação proporcionou aumento na altura de plantas, massa de 100 grãos, massa hectolétrica, produtividade de grãos e rendimento de benefício.

Medeiros et al. (2005) avaliaram os efeitos da compactação do solo e manejo de água sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz da cultivar BRS Liderança e concluíram que a disponibilidade de água no solo tem maior influência sobre a absorção de N.

Crusciol et al. (2003c) avaliaram o efeito de quatro lâminas de água aplicadas por aspersão sobre a fenologia, componentes de produção e produtividade de grãos da cultivar IAC 201 e verificaram que o uso da irrigação proporcionou aumento na altura de plantas, no número de espiguetas panícula<sup>-1</sup>, fertilidade das espiguetas, massa de 1000 grãos e na produtividade de grãos.

Nakao (1995) avaliou o efeito de quatro lâminas de água aplicadas por aspersão sobre os componentes de produção e produtividade das cultivares Carajás e IAC 201 e observou que, o uso da irrigação proporcionou aumento na altura de plantas e, como consequência ocorreu o acamamento das plantas, além de ter aumentado a produtividade da cultura quando comparado ao tratamento que não recebeu a irrigação por aspersão.

### ***2.3 Azospirillum brasilense***

A capacidade da população de microrganismos em promover o crescimento de plantas envolve mecanismos como a fixação biológica do nitrogênio, a produção de hormônios promotores de crescimento, a solubilização de fosfato e o aumento na formação de pelos radiculares, a formação de raízes laterais, a inibição do crescimento de fungos e a indução de resistência sistêmica no hospedeiro (BEVIVINO et al., 2005).

A Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) é o processo pelo qual microrganismos diazotróficos conseguem transformar o N<sub>2</sub> atmosférico em formas assimiláveis pelas plantas. A incorporação de N via FBN aos diferentes ecossistemas do planeta é bastante elevada, representando uma economia substancial de energia fóssil, normalmente empregada na produção de fertilizantes nitrogenados necessários para atender à demanda da agricultura mundial. A contribuição da FBN para o total de N introduzido nos sistemas agrícolas no mundo é estimada em 65% (REIS et al., 2006).

A associação de espécies leguminosas com bactérias do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobion* é bem conhecida, pois neste tipo de associação simbiótica, há formação dos nódulos nas raízes da planta, o qual facilita o estudo desta relação. Nos processos de associações entre gramíneas e bactérias diazotróficas, a ausência de estruturas específicas tem dificultado a investigação (PATRIQUIN et al., 1983).

A atuação das bactérias diazotróficas verificou-se inicialmente entre as plantas leguminosas, mas experimentos recentes têm demonstrado que plantas da família *Poaceae* apresentam potencial significativo, respondendo com aumento na produção quando inoculadas com essas bactérias (PENG et al., 2002).

Dentre as bactérias diazotróficas que formam associação com gramíneas, podem ser citados os gêneros *Azospirillum*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Azoarcus*, *Burkholderia*. Essas bactérias são capazes de fornecer parte do nitrogênio, através da FBN, que as plantas necessitam para o seu desenvolvimento.

O gênero *Azospirillum* spp. possui sete espécies descritas (REIS et al., 2006). Esses microrganismos são considerados Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP), pois auxiliam na promoção do crescimento das plantas através da produção de fitormônios, principalmente auxinas, solubilização de fosfatos, aumenta a atividade da enzima redutase do nitrato, atua no controle biológico, além de fornecer nitrogênio através da FBN.

A distribuição ecológica de *Azospirillum* spp. é extremamente ampla podendo ser considerada uma bactéria universal encontrada colonizando plantas crescidas em diferentes habitats (DÖBEREINER; PEDROSA, 1987). Além da FBN, a inoculação com *Azospirillum* spp. promove incrementos significativos no desenvolvimento radicular das plantas, fato que pode ressaltar em melhor aproveitamento e utilização de adubo e água e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento das plantas (BALDANI et al., 1997).

Moreira et al. (2010) avaliaram o efeito da inoculação de *Azospirillum* spp. no acúmulo de biomassa em arroz de terras altas, cultivado sob condições gnotobióticas e, concluíram que a inoculação de sementes de arroz de terras altas proporcionou incremento na

massa fresca, nas cultivares Jatobá, Monarca e Sertaneja. El-Khawas e Adachi (1999) relatam que a inoculação de sementes com *Azospirillum* spp. é capaz de aumentar a produção de grãos, em casa de vegetação, de 32 a 81%.

Didonet et al. (2003) avaliaram a inoculação de sementes de linhagens de arroz de terras altas com *Azospirillum brasilense* Sp245 e *Azospirillum lipoferum* Sp59b e concluíram que a inoculação proporcionou aumento no crescimento da parte aérea e das raízes das plântulas, no número de raízes secundárias e na quantidade de ramificações das raízes, quando comparado ao tratamento sem inoculação.

Labonde et al. (2010) avaliaram o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* sobre a germinação e vigor inicial de plântulas de trigo e arroz e verificaram que o uso da inoculação permitiu aumento no comprimento da parte aérea das plântulas em 25,34%, além de ter aumentado a biomassa seca em 5,26% quando comparado com o tratamento sem inoculação.

Reddy e Ladha (2000) relatam que é possível reduzir entre 40% a 50% a quantidade de adubo nitrogenado em cereais, sem que se observe redução no rendimento, pelo uso de *Azospirillum brasilense*. Consequentemente, a utilização desta bactéria possibilita a redução no custo de produção da cultura do arroz, além de reduzir a contaminação ambiental tanto pela produção dos adubos nitrogenados, quanto à lixiviação deste nutriente para as fontes de água.

Albrecht et al. (2008) avaliaram o efeito da inoculação com *Azospirillum* spp sobre altura das plantas, massa de matéria seca, massa de mil sementes e produtividade, na cultivar IPR 117 e verificaram que a inoculação proporcionou aumento na produtividade da cultura.

## **2.4 Adubação Nitrogenada**

A nutrição mineral das plantas consiste no suprimento, absorção e utilização dos nutrientes pela planta. Alguns nutrientes são considerados essenciais, pois sem eles a planta não consegue completar o seu desenvolvimento. Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio ocupa posição de destaque, porque ele é constituinte de proteínas, ácidos nucleicos e da molécula de clorofila. O desenvolvimento dos componentes de produção do arroz pode ser influenciado positivamente pelo nitrogênio, devido às múltiplas funções deste nutriente na planta (FAGERIA; BARBOSA FILHO, 1982).

O nitrogênio é o segundo nutriente mais exigido pela cultura do arroz e o mais exportado como produto colhido (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Este

nutriente estimula o crescimento do sistema radicular do arroz, tem efeito marcante no perfilhamento, aumenta o número de espiguetas por panícula e a porcentagem de proteína nos grãos (MALAVOLTA, 1981).

O arroz necessita de N durante a fase vegetativa para aumentar o número de perfilhos e, conseqüentemente, o número de panículas; durante a fase reprodutiva, para aumentar o número de espiguetas por panícula; na maturação, é importante para o processo de fotossíntese, mantendo as folhas verdes e, conseqüentemente, aumentando a porcentagem de espiguetas granadas (FAGERIA, 1998).

Andrade e Amorim Neto (1996) estudaram o efeito de cinco doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) nas cultivares INCA 4440 e PESAGRO 104 e observaram aumento no número de perfilhos m<sup>-2</sup>, no número de panículas m<sup>-2</sup>, na massa seca de plantas e na produtividade de grãos. Michelon et al. (2002) estudaram o efeito de doses de nitrogênio no rendimento e nos componentes de rendimento da cultivar Primavera irrigado por aspersão e concluíram que com o aumento das doses de nitrogênio, houve aumento na produtividade, sendo a produtividade máxima atingida com o uso da dose de 130 kg ha<sup>-1</sup> N.

De acordo com Bredemeier e Mundstock (2000), menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas, isto ocorre, porque o N é um nutriente altamente móvel, portanto, passível de perdas no solo, comprometendo a nutrição da cultura do arroz. Logo, a resposta da cultura do arroz a adubação nitrogenada é variável, podendo apresentar incremento na produtividade ou não.

Stone e Silva (1998) avaliaram o efeito do método de aplicação (1/3 na semeadura e 2/3 na diferenciação do primórdio floral e 1/3 na semeadura e 2/3 na floração) e doses de N (0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N), profundidade de aração e condições hídricas do solo sobre a produtividade das cultivares Rio Paranaíba e Maravilha e verificaram que as doses de N afetaram apenas o número de panículas m<sup>-2</sup>, além disso, os autores verificaram que a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foi suficiente para o arroz de sequeiro, pois não houve diferença significativa entre as produtividades obtidas com esta dose e com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Arf et al. (2003) avaliaram o comportamento das cultivares Primavera, Confiança e Maravilha irrigadas por aspersão em função de três preparos de solo (grade aradora + grade niveladora, arado de aiveca + grade niveladora e plantio direto) e da adubação nitrogenada em cobertura aplicada no início da diferenciação do primórdio da panícula, nas doses 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> quanto à produção e qualidade de grãos e não observaram efeito significativo das doses de N testadas sobre os componentes de produção e rendimento de engenho.

A deficiência de N no solo é causada pela baixa mineralização da matéria orgânica, pelas perdas por lixiviação, volatilização, ou desnitrificação. Por isso, é importante que a adubação nitrogenada seja realizada de forma adequada, com relação a fontes, doses e épocas de aplicação, garantindo o suprimento deste elemento, para a cultura, em todo o seu ciclo.

Neves et al. (2004) avaliaram doses (0, 40, 80, 160 kg ha<sup>-1</sup>) e parcelamento de N nas cultivares Carajás e IAC 202 irrigadas por aspersão e observaram que houve efeito significativo na produtividade. O tratamento que recebeu 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e mais duas coberturas de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N (uma aplicada aos 30 dias após a semeadura e a outra aplicada aos 50 dias após a semeadura) foi superior estatisticamente aos tratamentos que não receberam adubação em cobertura. Os autores ainda verificaram que as doses e as épocas de aplicação influenciaram a massa seca da parte aérea e o teor foliar de N, nas duas cultivares avaliadas.

Além de atender a necessidade de N para a cultura do arroz, Boldieri et al. (2010) ressaltam que a adubação nitrogenada deve ser realizada de forma a minimizar os riscos de poluição ambiental e maximizar o retorno econômico.

Em média para produção de uma tonelada de grãos são absorvidos 27 e 32 kg de nitrogênio pelos genótipos do grupo tradicional e do grupo intermediário/moderno, respectivamente (FAGERIA et al., 1995).

O consumo de nitrogênio inicia-se lentamente a partir da emergência, alcançando intensidade máxima no florescimento, quando a planta absorve mais de 75% do N total (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Existem duas épocas críticas, nas quais, o fornecimento de nitrogênio pode determinar a produtividade da cultura: durante o perfilhamento e o início da diferenciação do primórdio da panícula.

Arf et al. (2005) estudaram o efeito de duas modalidades de preparo do solo (grade pesada + grade niveladora e escarificador + grade niveladora) e plantio direto, aplicação de nitrogênio na semeadura, perfilhamento e diferenciação floral no desenvolvimento e produção da cultivar IAC 202 e, concluíram que o uso da adubação nitrogenada na semeadura e/ou no perfilhamento proporcionam maior produtividade de grãos em relação à testemunha sem nitrogênio. Os autores relatam que este resultado pode indicar que estes períodos podem estar ligados a uma maior demanda por nitrogênio.

Dias et al. (2010) avaliaram o efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultivar Primavera, sendo que o nitrogênio foi aplicado em proporções iguais na semeadura e duas em cobertura: uma durante o perfilhamento e a outra na diferenciação do primórdio

floral e, concluíram que o uso do nitrogênio na cultura proporcionou a maior produtividade, apresentando uma média de 4486 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando uma dose de 105 kg ha<sup>-1</sup>.

Larrosa et al. (2001) avaliaram a eficiência da aplicação de nitrogênio sob diferentes manejos de irrigação e concluíram que a aplicação de nitrogênio, em solo drenado, no início do perfilhamento, seguida de irrigação definitiva aumenta a absorção de nitrogênio e, conseqüentemente, aumenta o perfilhamento da planta de arroz.

Cornélio et al. (2007) avaliaram os efeitos de doses e épocas de N em arroz de terras altas, cultivar Primavera, sob sistema de plantio direto sobre a incidência de brusone, produção e qualidade sanitária de sementes e observaram que, concentrando a maior parte do parcelamento da dose de N próximo a diferenciação floral, fase na qual o N é aproveitado de forma mais eficiente, a produtividade da cultura do arroz aumenta.

Kunz et al. (2002) estudaram o efeito de cinco doses de N (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) na cultivar Primavera e concluíram que o uso de doses superiores a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N causaram acamamento de plantas superior a 50%, reduzindo o rendimento de grãos da cultura, pois a ótima condição de fertilidade proporcionada pelas doses elevadas de N aumentaram a altura das plantas.

Boldieri et al. (2010) avaliaram a influência de cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) sobre as características agronômicas das cultivares Caiapó, Primavera, Confiança, IAC 202 e Carisma cultivadas sob irrigação por aspersão e observaram que com o aumento das doses de N houve diminuição na fertilidade das espiguetas pelo fato das doses crescentes de N contribuírem para aumentar o número de panículas por área e o número de espiguetas por panícula, fazendo com que ocorresse maior competição desse nutriente.

Hernandes et al. (2010) avaliaram o efeito da aplicação de doses (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>), fontes (sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação, sulfato de amônio e uréia) e épocas de aplicação (semeadura ou perfilhamento) de nitrogênio nas cultivares BRSMG Curinga e IAC 202 cultivadas com irrigação suplementar e observaram efeito significativo nas doses utilizadas, sendo que as mesmas influenciaram, de forma positiva, a altura de plantas, o número de panículas m<sup>-2</sup> (até a dose de 128 kg ha<sup>-1</sup>), o número e massa de espiguetas granadas panícula<sup>-1</sup> (até a dose de 172 kg ha<sup>-1</sup>) e para a produtividade de grãos, os autores observaram a melhor resposta com o uso de 122 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Meira et al. (2005) estudaram a resposta das cultivares IAC 201 e IAC 202 a doses de nitrogênio (0, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) e com o uso ou não de fungicidas e, observaram que para grãos por panícula as doses de nitrogênio se ajustaram a uma função linear crescente mostrando que o nitrogênio exerceu um importante papel na formação dos grãos por panícula.



Sousa e Pereira (2002) estudaram o efeito de doses de nitrogênio na cultivar BRS Bonança e verificaram que houve efeito das doses de nitrogênio sobre a produtividade de grãos, sendo que a altura da planta foi influenciada pelas doses de nitrogênio e a dose máxima estimada foi de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido durante a safra 2010/11 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS, situada nas coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de Latitude Sul. A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2006).

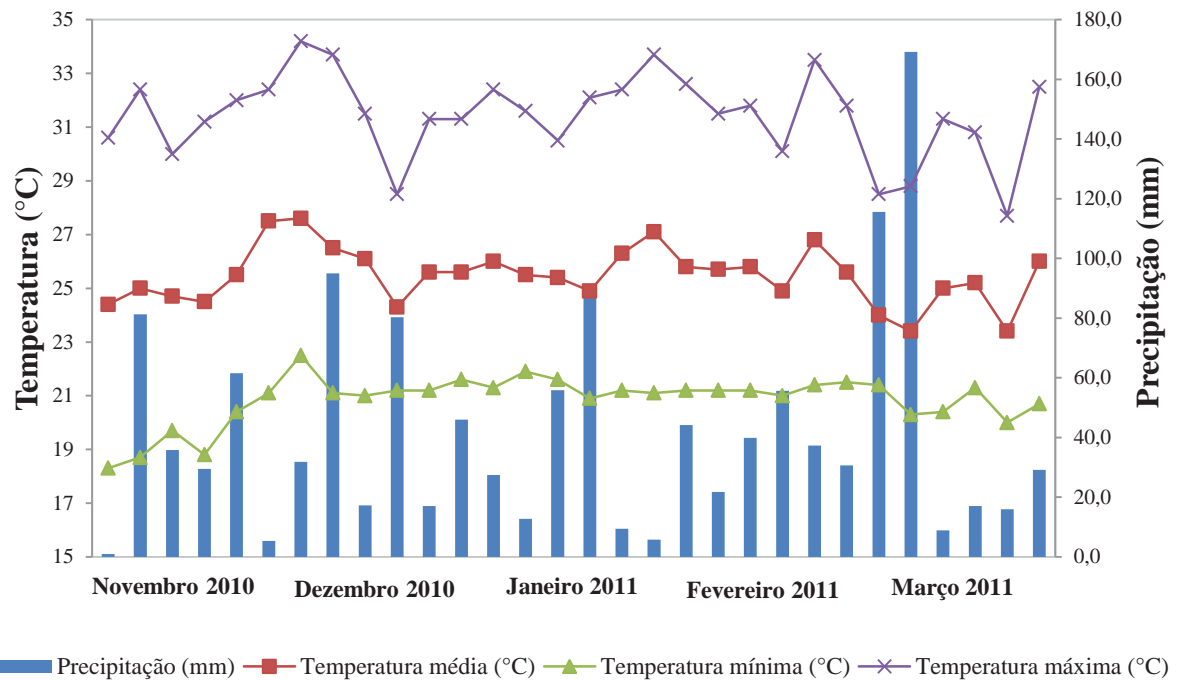
Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo para fins de fertilidade, de acordo com o método proposto por Raij e Quaggio (1983). Os resultados estão na Tabela 1.

**Tabela 1-** Análise química do solo, na camada de 0 - 0,20 m, da área experimental.

P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al	V (%)
35	21	5,5	1,7	21	11	20	63

Durante a realização do experimento foram registradas a temperatura média, mínima e máxima no posto agrometeorológico instalado próximo a área experimental. A precipitação foi registrada em um pluviômetro Ville de Paris também instalado no posto agrometeorológico. Os dados dessas variáveis estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1-** Gráfico com a precipitação, temperaturas média, máxima e mínima registradas durante o período de execução do experimento. Selvíria, MS - 2010/11.



Fonte: Posto Agrometeorológico Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP/Ilha Solteira - Selvíria, MS.

### 3.2 Instalação do experimento

A semeadura foi realizada no dia 18 de novembro de 2010, com densidade de sementes necessária para se obter 180 plantas  $m^{-2}$ . Na adubação mineral de semeadura foram aplicados 180  $kg\ ha^{-1}$  da fórmula 08-28-16 (mais 1% de Ca, 2% de S e 0,3% de Zn). Em seguida, aplicou-se o herbicida pendimetalin (1400  $g\ ha^{-1}$ ) em pré-emergência da cultura.

A cultivar utilizada foi a BRS Primavera, lançada pela Embrapa Arroz e Feijão no ano de 1994 e é recomendada para o sistema de cultivo em terras altas. Esta cultivar possui as seguintes características: genealogia IRAT 10/LS 85-158, ciclo curto, ciclo da emergência a floração de 80 dias, comprimento do grão longo e fino, moderadamente suscetível ao acamamento, renda de benefício 67%, renda de grãos inteiros 47%, moderadamente suscetível a brusone da panícula e folha, moderadamente resistente à mancha de grãos.

#### 3.2.1 Irrigação

A área foi irrigada com sistema fixo de irrigação por aspersão com vazão de 3,3  $mm\ h^{-1}$  nos aspersores, pressão de operação de 0,25 Mpa e com o espaçamento entre os aspersores

de 6m x 6m. A evaporação de água (ECA) foi obtida diariamente do tanque Classe A, instalado no posto agrometeorológico da área experimental. O coeficiente do tanque classe A ( $K_p$ ) foi proposto por Doorenbos e Pruitt (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

A Evapotranspiração de referência foi determinada pela expressão:

$ET_o = K_p ECA$ , em que:

$ET_o$ : Evapotranspiração de referência em  $mm\ dia^{-1}$ ;

$K_p$ : coeficiente do tanque Classe A;

ECA: Evaporação do tanque Classe A em  $mm\ dia^{-1}$ .

A Evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foi determinada pela seguinte expressão:

$ET_c = K_c ET_o$ , em que:

$ET_c$ : Evapotranspiração da cultura em  $mm\ dia^{-1}$ ;

$K_c$ : Coeficiente da cultura;

$ET_o$ : Evapotranspiração de referência em  $mm\ dia^{-1}$ .

No manejo de água foram utilizados três coeficientes de cultura ( $K_c$ ), distribuídos em seis períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Os coeficientes de cultura utilizados foram propostos por Rodrigues et al. (2004) e estão na Tabela 2.

**Tabela 2-** Coeficientes de cultura ( $K_c$ ) utilizados durante as fases de desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas em Selvíria - MS, 2010/11.

<b>Fases</b>	<b><math>K_c</math></b>	
Vegetativa	Inicial: 0,4	Final: 0,7
Reprodutiva	Inicial: 0,7	Final: 1,0
Maturação	Inicial: 1,0	Final: 0,7

Foram avaliados dois manejos de água: irrigado (lâmina + precipitação pluvial) e não irrigado (distribuição de água provinda, apenas, da precipitação pluvial).

### 3.2.2 Inoculação

As sementes foram inoculadas momentos antes da semeadura, utilizando-se a dose de 200 mL do inoculante líquido Azototal® para 25 kg de sementes, que continha as estirpes

Abv5 e Abv6 de *Azospirillum brasilense* ( $2 \times 10^8$  Unidades Formadoras de Colônias mL<sup>-1</sup>). Devido a este processo, não foi realizado o tratamento de sementes com fungicidas ou inseticidas.

### **3.2.3 Adubação nitrogenada**

O nitrogênio foi aplicado em cobertura aos 27 dias após a emergência, durante a fase de perfilhamento, nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando-se como fonte nitrogenada o sulfato de amônio. O adubo foi aplicado manualmente e, em filetes, próximo às linhas de plantas.

### **3.3 Delineamento experimental e tratamentos**

Os tratamentos foram dispostos no delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 5, com quatro repetições. Foram testados vinte tratamentos, resultantes da combinação de duas lâminas de água (irrigado + precipitação pluvial e não irrigado + precipitação pluvial), da inoculação das sementes (não inoculado e inoculado) e da adubação nitrogenada em cobertura (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N).

### **3.4 Controle de plantas daninhas e colheita**

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de duas capinas manuais, no início e no final do estágio de perfilhamento.

A colheita foi realizada manualmente, quando 90% das panículas apresentaram os grãos com a coloração típica de maduros. As parcelas dos tratamentos irrigados foram colhidas no dia 15 de março de 2011, as parcelas não irrigadas foram colhidas no dia 21 de março de 2011.

### **3.5 Avaliações dos atributos da cultura**

#### **3.5.1 Emergência das plântulas**

Dias transcorridos entre a semeadura e a emergência da maioria das plântulas das parcelas.

### **3.5.2 Florescimento**

Dias transcorridos entre a emergência e a florescimento de 90% das plantas das parcelas.

### **3.5.3 Maturação (ciclo)**

Dias transcorridos entre a emergência e a maturação de 90% das panículas das parcelas.

### **3.5.4 Altura de plantas**

Foi determinada, um dia antes da colheita, em três pontos diferentes dentro da parcela, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a extremidade superior da panícula.

### **3.5.5 Acamamento**

Foi obtido por observações visuais, um dia antes da colheita, utilizando-se as seguintes notas: (0) - sem acamamento; (1) – até 5% de plantas acamadas; (2) – 5 a 25% de plantas acamadas; (3) – 25 a 50% de plantas acamadas; (4) – 50 a 75% de plantas acamadas e (5) – 75 a 100% de plantas acamadas.

### **3.5.6 Número de colmos $m^{-2}$**

Foi determinado, no momento da colheita, pela contagem de colmos em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas e, posteriormente calculado por metro quadrado.

### **3.5.7 Número de panículas $m^{-2}$**

Foi determinado, no momento da colheita, pela contagem de panículas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas e, posteriormente calculado por metro quadrado.

### **3.5.8 Fertilidade dos colmos**

Foi determinada através da relação de panículas por  $m^{-2}$  e número de colmos por  $m^{-2}$ , transformando os dados em porcentagem.

### **3.5.9 Fertilidade das espiguetas**

Foi determinada pela relação entre o número de grãos cheios e número de grãos totais por panícula, transformando os dados em porcentagem.

### **3.5.10 Número de grãos total por panícula**

Foi obtido pela contagem de grãos de 20 panículas, coletadas no momento da colheita, por parcela, e posteriormente submetidos à contagem eletrônica.

### **3.5.11 Número grãos cheios e grãos chochos por panícula**

Foi determinado após a separação dos mesmos, por fluxo de ar, e submetidos à contagem eletrônica.

### **3.5.12 Massa de 100 grãos**

Foi avaliada coletando-se, ao acaso, duas amostras de 100 grãos de cada parcela e, posteriormente, corrigindo o teor de água dos grãos para 13% de umidade (base úmida).

### **3.5.13 Massa hectolétrica**

Foi avaliada, em duas amostras, através de um recipiente com volume de 0,25 L preenchido com arroz em casca, que em seguida foi pesado em balança de precisão, corrigindo o teor de água dos grãos para 13% de umidade (base úmida).

### **3.5.14 Produtividade de grãos**

Foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, provenientes de duas linhas de cada parcela, corrigindo o teor de água dos grãos para 13% de umidade (base úmida).

### **3.5.15 Teor de nitrogênio na planta, nos grãos e na folha bandeira**

Para a análise do teor de nitrogênio na planta e nos grãos foram coletadas duas plantas, em cada parcela, no dia da colheita, separando as panículas do restante da planta. Para a análise do teor de nitrogênio nas folhas, na época do florescimento foram coletadas o limbo foliar de trinta folhas bandeira, em cada parcela. Depois da coleta, as amostras foram submetidas a secagem em estufa e depois foram moídas em moinho tipo Wiley, as mesmas foram submetidas à análise química para determinação do nitrogênio de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

### **3.5.16 Rendimento de engenho, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados**

Foi determinado após a separação de uma amostra de 100 g de arroz em casca, de cada parcela, que foi processada em engenho de prova, durante 1 minuto. Em seguida os grãos brunidos foram pesados e o valor encontrado foi considerado como rendimento de

benefício, em porcentagem. Posteriormente os grãos brunidos foram colocados no “trieur” para separação dos grãos, durante 30 segundos. Os grãos que permanecerem no “trieur” foram pesados e o valor encontrado constituiu o rendimento de inteiros, em porcentagem e os demais, grãos quebrados, também expressos em porcentagem.

### **3.6 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias dos fatores inoculação e manejo de água foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto que as médias de doses de N foram comparadas pela análise de regressão. O programa utilizado foi o SISVAR versão 5.0 (FERREIRA, 2008).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho pode-se observar o efeito significativo isolado para algumas avaliações realizadas, assim como duas interações entre manejo de água x inoculação de sementes. Para todas as avaliações realizadas não se observou interação significativa entre manejo de água x inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* x doses de N.

### 4.1 Florescimento e Maturação (ciclo)

Houve diferença nos dias transcorridos da emergência até o florescimento e duração do ciclo entre os tratamentos não irrigado e irrigado (Tabela 3).

**Tabela 3-** Dias transcorridos após a emergência (DAE) das plântulas e o florescimento pleno e dias transcorridos entre a emergência das plântulas e a colheita em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, 2010/11.

Avaliações	Não irrigado (DAE)	Irigado (DAE)
Florescimento	87	80
Maturação (ciclo)	118	112

O uso da irrigação por aspersão possibilitou a diminuição de dias para o florescimento e duração do ciclo da cultura em relação ao tratamento que dependeu apenas da precipitação pluvial para o atendimento da demanda hídrica. Este resultado indica que a deficiência hídrica proporciona aumento no ciclo da cultura (CRUSCIOL et al., 2003a), isto porque o arroz de terras altas, ao contrário de outras culturas, na presença de estresse hídrico prolonga o desenvolvimento. Resultado semelhante foi observado por Arf et al. (2001) estudando as cultivares IAC 201, Carajás e Guarani cultivadas sob diferentes modalidades de preparo do solo e lâminas de água aplicadas por aspersão, concordando que, se o

fornecimento de água não for adequado, os dias para o florescimento e a duração do ciclo da cultura do arroz de terras altas aumentam.

A precipitação registrada e a lâmina total de água utilizada durante o período de execução do experimento estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4-** Lâminas de água da precipitação e da irrigação durante o ciclo do arroz de terras altas. Selvíria - MS, 2010/11.

<b>Lâmina</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Irrigação (mm)</b>	<b>Total (mm)</b>
Não irrigado	849,9	-	849,9
Irrigado	849,9	164,3	1014,2

A precipitação total registrada foi superior à quantidade de água que a cultura do arroz de terras altas necessita durante o seu ciclo, que segundo Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) é de aproximadamente 600-700 mm. Mas esta quantidade foi irregularmente distribuída durante o ciclo da cultura, o que afetou o desenvolvimento das plantas contidas nas parcelas que dependeram apenas da precipitação pluvial.

#### **4.2 Altura de plantas, acamamento, número de colmos m<sup>-2</sup> e número de panículas m<sup>-2</sup>**

Os valores médios para altura de plantas, número de colmos m<sup>-2</sup> e número de panículas m<sup>-2</sup> estão apresentados na Tabela 5.

Para altura de plantas, pode-se observar que não houve efeito significativo da inoculação de sementes com *A. brasilense*, ao passo que para manejo de água e doses de N, observou-se efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O tratamento irrigado apresentou plantas com altura superior às plantas que dependeram apenas da precipitação pluvial. Resultados semelhantes foram obtidos por Crusciol et al. (2003a) quando avaliaram a cultivar Caiapó cultivada sob diferentes manejos de água e Alvarez (2004) quando avaliou o desempenho da cultivar Primavera sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão, doses de N e ausência e presença de silício.

Com relação às doses de N, houve aumento da altura de plantas com o aumento das doses testadas. Como o N faz parte da molécula de clorofila, com a maior disponibilidade do mesmo, ocorre aumento na produção de fotoassimilados, que contribui para o crescimento da planta.

**Tabela 5-** Valores médios de altura de plantas (ALT), número de colmos m<sup>-2</sup> (NC m<sup>-2</sup>) e número de panículas m<sup>-2</sup> (NP m<sup>-2</sup>) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura<sup>(1)</sup>. Selvíria - MS, 2010/11.

<b>Tratamentos</b>	<b>ALT (cm)</b>	<b>NC m<sup>-2</sup></b>	<b>NP m<sup>-2</sup></b>
<b>Manejo de água</b>			
Não irrigado	88,84 b	210,36	187,00 b
Irrigado	91,67 a	204,71	201,07 a
DMS (5%)	1,85	-	12,33
<b>Inoculação de sementes</b>			
Não inoculado	90,49	197,00 b	180,88 b
Inoculado	90,00	218,07 a	207,31 a
DMS (5%)	-	13,05	12,33
<b>Doses de N</b>			
0 kg ha <sup>-1</sup>	84,98 <sup>(1)</sup>	162,68 <sup>(2)</sup>	151,61 <sup>(3)</sup>
25 kg ha <sup>-1</sup>	87,96	194,45	182,68
50 kg ha <sup>-1</sup>	89,78	212,32	196,79
75 kg ha <sup>-1</sup>	92,44	222,32	206,43
100 kg ha <sup>-1</sup>	96,09	245,89	232,68
<b>Teste F</b>			
Manejo de água (A)	9,340 **	0,748 ns	5,209 *
Inoculação (I)	0,278 ns	10,426 **	18,275 **
Doses de N (D)	16,847 **	18,296 **	18,856 **
A x I	1,038 ns	0,949 ns	1,316 ns
A x D	0,214 ns	2,490 ns	2,063 ns
I x D	0,241 ns	0,849 ns	0,480 ns
Média geral	90,25	207,54	194,04
CV (%)	4,58	14,06	14,21

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \*\*, \* e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F. Equação de regressão e coeficiente de determinação para altura de planta e doses de N: <sup>(1)</sup>  $y = 84,91 + 0,1068x$ ,  $R^2 = 0,9882$ . Equação de regressão e coeficiente de determinação para o número de colmos m<sup>-2</sup> e doses de N: <sup>(2)</sup>  $y = 168,67 + 0,7772x$ ,  $R^2 = 0,9689$ . Equação de regressão e coeficiente de determinação para número de panículas m<sup>-2</sup> e doses de N: <sup>(3)</sup>  $y = 156,85 + 0,7436x$ ,  $R^2 = 0,9643$ .

O fornecimento de N deve ser realizado conforme a necessidade da planta durante as fases de desenvolvimento da cultura, pois o excesso de N pode favorecer o aumento da altura das plantas e, conseqüentemente, o acamamento das mesmas prejudicando a produtividade. No presente trabalho não foi observado acamamento de plantas, mesmo nas parcelas que receberam as maiores doses de N.

Buzetti et al. (2006) avaliaram o efeito de doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura, utilizando a uréia como fonte nitrogenada, e duas doses do regulador de crescimento cloreto de clormerquat, nas cultivares IAC 201 e IAC 202 e constataram que, com o aumento das doses de N, houve aumento na altura de plantas até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

De modo similar, Santos et al. (2008), ao avaliarem o efeito de doses de N na cultivar BRS Querência, verificaram o aumento da altura de plantas com o fornecimento de doses crescente de N, até a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup>.

Para o número de colmos m<sup>-2</sup> houve efeito significativo para a inoculação de sementes com *A. brasilense* e para doses de N. Nos tratamentos em que foi utilizado o inoculante, a média para o número de colmos m<sup>-2</sup> foi de 218,07 e no tratamento sem inoculante a média foi de 197, ou seja, observou-se aumento de, aproximadamente, 11% no número de colmos m<sup>-2</sup> em consequência da aplicação de *A. brasilense*.

Com relação às doses de N, houve efeito linear para o número de colmos m<sup>-2</sup>. Com o aumento das doses de N houve aumento concomitante no número de colmos m<sup>-2</sup>. Fornasier Filho e Fornasier (2006) relataram que o fornecimento de N é essencial para aumentar o número de colmos por área, isto porque o N faz parte da molécula de clorofila e, também, é componente estrutural das paredes celulares e, havendo deficiência deste nutriente o crescimento da planta fica comprometido.

O número de panículas m<sup>-2</sup> foi influenciado pelas três variáveis analisadas. O manejo de água apresentou efeito significativo, sendo que a utilização da irrigação proporcionou um aumento no número de panículas m<sup>-2</sup>. Arf et al. (2001) estudaram a resposta das cultivares IAC 201, Carajás e Guarani ao preparo do solo e a irrigação por aspersão e observaram que em ano de veranico, o uso da irrigação por aspersão proporcionou aumento do número de panículas m<sup>-2</sup>, quando comparado ao tratamento que não foi utilizada a irrigação.

Com relação à inoculação com *A. brasilense*, o número de panículas m<sup>-2</sup> foi estatisticamente superior no tratamento em que foi utilizado o inoculante. O aumento do número de colmos m<sup>-2</sup> e do número de panículas m<sup>-2</sup> proporcionado pela inoculação de sementes com *A. brasilense* ocorreu, provavelmente, pelo fornecimento de N da fixação biológica do nitrogênio atmosférico realizada pela bactéria. Além disso, esta produz auxinas, hormônios promotores do crescimento vegetal, em pequenas quantidades, que estimulam a produção de novos colmos e panículas, portanto, provocando acréscimo dos mesmos, em relação ao tratamento não inoculado. Didonet et al. (2003) avaliaram o efeito da inoculação de sementes em linhagens promissoras de arroz de terras altas com *A. brasilense* e *A. lipoferum* e relataram um aumento no comprimento da parte aérea e da raiz.

Resultados obtidos por diversos pesquisadores demonstram que a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio é capaz de promover o crescimento da planta pelo aumento da massa radicular, nutrição nitrogenada ou aumento da eficiência de absorção de nutrientes do solo, entre outros (BASHAN et al, 2004).

Para as doses de N houve incremento linear do número de panículas  $m^{-2}$  com o aumento das doses. Mauad et al. (2003) observaram incremento do número de panículas  $m^{-2}$  com a aplicação de doses crescentes de nitrogênio (5, 75 e 150 mg de N  $kg^{-1}$  de solo), na cultivar IAC 202. Resultado semelhante foi observado por Stone et al. (1999), ao analisarem o efeito de cinco doses de N (0, 40, 80, 120 e 160  $kg ha^{-1}$ ), na cultivar Maravilha e em três linhagens de arroz (CNA7127, CNA7730 E CT7/15), sendo encontrada resposta quadrática com o máximo atingido com 130,8 e 85,1  $kg ha^{-1}$  de N, para 345 panículas  $m^{-2}$ .

### 4.3 Fertilidade dos colmos e fertilidade das espiguetas

Os valores médios para a fertilidades dos colmos e fertilidade das espiguetas estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6-** Valores médios de fertilidade dos colmos (FC) e fertilidade das espiguetas (FE) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura<sup>(2)</sup>. Selvíria - MS, 2010/11.

<b>Tratamentos</b>	<b>FC (%)</b>	<b>FE (%)</b>
<b>Manejo de água</b>		
Não irrigado	91,44 b	75,04 b
Irrigado	95,62 a	83,07 a
DMS (5%)	2,60	2,49
<b>Inoculação de sementes</b>		
Não inoculado	92,01 b	79,69
Inoculado	95,05 a	78,42
DMS (5%)	2,60	-
<b>Doses de N</b>		
0 $kg ha^{-1}$	93,27	79,61
25 $kg ha^{-1}$	94,27	81,19
50 $kg ha^{-1}$	92,34	80,24
75 $kg ha^{-1}$	92,83	78,33
100 $kg ha^{-1}$	94,95	75,91
<b>Teste F</b>		
Manejo de água (A)	10,352 **	41,428 **
Inoculação (I)	5,490 *	1,041 ns
Doses de N (D)	0,536 ns	2,142 ns
A x I	0,319 ns	0,236 ns
A x D	0,374 ns	0,552 ns
I x D	0,973 ns	0,161 ns
Média geral	93,53	79,06
CV (%)	6,22	7,06

<sup>(2)</sup> Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \*\*, \* e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

Tanto para a fertilidade dos colmos quanto para a fertilidade das espiguetas houve diferença significativa para o manejo de água. O tratamento no qual foi utilizada a irrigação proporcionou médias estatisticamente superiores ao tratamento que dependeu apenas da precipitação pluvial. Isto significa que o fornecimento de água adequado durante as fases vegetativa e reprodutiva garante o melhor desenvolvimento da cultura, aumentando a fertilidade dos colmos e das espiguetas.

Ferraz (1987) relatou que a ocorrência de déficit hídrico nas duas semanas anteriores ao florescimento provoca esterilidade ou má formação de espiguetas, com grandes reflexos na produtividade. O uso da irrigação por aspersão elimina a ocorrência de déficit hídrico, portanto, garante o melhor desenvolvimento para a cultura do arroz de terras altas, refletindo na sua produtividade.

Rodrigues et al. (2004) estudaram o efeito do manejo de água nas cultivares Confiança e Maravilha no sistema plantio direto e observaram que a fertilidade das espiguetas foi maior quando foi utilizada a irrigação por aspersão.

A fertilidade dos colmos, também, foi influenciada pela inoculação de sementes com *A. brasilense*. A inoculação proporcionou médias superiores, estatisticamente, ao tratamento no qual não foi utilizada a inoculação com *A. brasilense*. As bactérias do gênero *Azospirillum* spp. colonizam a rizosfera de gramíneas, apresentando propriedades como quimiotaxia, aerotaxia, acumulação de substâncias de reserva, produção de hormônios promotores do crescimento vegetal, além de contribuir com o fornecimento de nitrogênio, pela fixação biológica (FALLIK; OKON, 1996).

#### **4.4 Número de grãos total, número de grãos cheios e número de grãos chochos por panícula**

Os valores médios dos tratamentos para grãos totais, grãos cheios e grãos chochos estão apresentados na Tabela 7.

Houve efeito linear nas doses de N testadas para o número de grãos total e número de grãos cheios por panícula. Como o N está ligado ao metabolismo da planta de arroz, o fornecimento de doses crescentes deste nutriente favorece seu crescimento. Ferraz (1987) relatou que as diferentes partes da planta podem contribuir para o crescimento do grão em função da sua atividade fotossintética potencial. Mariot et al. (2003) avaliaram o efeito da densidade de semeadura e de quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) nas cultivares de

arroz BR-IRGA e IRGA 417 e observaram que com o aumento das doses de N, houve aumento no número de grãos por panícula.

**Tabela 7-** Valores médios de número de grãos total panícula<sup>-1</sup> (NGT p<sup>-1</sup>), número de grãos cheios panícula<sup>-1</sup> (NGC p<sup>-1</sup>) e número de grãos chochos panícula<sup>-1</sup> (NGCH p<sup>-1</sup>) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura <sup>(3)</sup>. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento	NGT p <sup>-1</sup>	NGC p <sup>-1</sup>	NGCH p <sup>-1</sup>
<b>Manejo de água</b>			
Não irrigado	155,93	117,64 b	38,29 a
Irigado	155,71	129,59 a	26,12 b
DMS (5%)	-	9,75	4,04
<b>Inoculação de sementes</b>			
Não inoculado	150,46 b	126,61	33,12
Inoculado	161,17 a	120,62	31,29
DMS (5%)	10,11	-	-
<b>Doses de N</b>			
0 kg ha <sup>-1</sup>	138,75 <sup>(4)</sup>	105,88 <sup>(5)</sup>	32,51
25 kg ha <sup>-1</sup>	153,73	121,01	31,27
50 kg ha <sup>-1</sup>	156,13	127,09	32,61
75 kg ha <sup>-1</sup>	162,27	130,40	32,97
100 kg ha <sup>-1</sup>	168,23	133,70	31,65
<b>Teste F</b>			
Manejo de água (A)	0,002 ns	6,015 *	36,168**
Inoculação (I)	4,486 *	1,514 ns	0,818 ns
Doses de N (D)	3,843 **	4,052 **	0,099 ns
A x I	8,732 **	4,877 *	1,911 ns
A x D	0,544 ns	0,706 ns	0,321 ns
I x D	0,903 ns	0,621 ns	0,337 ns
Média geral	155,82	123,61	32,20
CV (%)	14,51	17,63	28,10

<sup>(3)</sup> Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \*\*, \* e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F. Equação de regressão e coeficiente de determinação para NGT e doses de N: <sup>(4)</sup>  $y = 142,32 + 0,2699x$ ,  $R^2 = 0,9272$ . Equação de regressão e coeficiente de determinação para NGC e doses de N: <sup>(5)</sup>  $y = 110,6 + 0,2602x$ ,  $R^2 = 0,8789$ .

Buzetti et al. (2006) avaliaram o efeito de quatro doses de N aplicadas em cobertura, utilizando a uréia como fonte nitrogenada, e duas doses do regulador de crescimento cloreto de clormerquat, nas cultivares IAC 201 e IAC 202 e, também, observaram aumento do número de grãos por panícula.

Para o número de grãos chochos panícula por panícula houve efeito significativo para o manejo de água, no qual o uso da irrigação proporcionou melhor desempenho para este

atributo. O número de grãos chochos por panícula foi maior no tratamento que dependeu apenas da precipitação pluvial, isto porque a deficiência hídrica diminui a translocação de fotoassimilados, o que conseqüentemente, aumentou a porcentagem de grãos chochos (MULLER, 1980). Este comportamento é semelhante ao encontrado por Souza (2003) analisando as cultivares Maravilha e Primavera cultivadas sob dois tipos de preparo do solo e três lâminas de irrigação. Sant'ana (1989) relatou que o uso da irrigação por aspersão é uma atividade vantajosa, pois aumenta a qualidade dos grãos do arroz de terras altas.

Analisando o número de grãos total e número de grãos cheios por panícula observou-se efeito significativo para a interação manejo de água x inoculação de sementes. A Tabela 8 apresenta o desdobramento significativo do manejo de água x inoculação de sementes, para grãos totais panícula<sup>-1</sup>.

**Tabela 8-** Desdobramento da interação manejo de água x inoculação de sementes para número de grãos total panícula<sup>-1</sup> em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura <sup>(4)</sup>. Selvíria - MS, 2010/11.

Manejo de água	Inoculação de sementes	
	Não inoculado	Inoculado
Não irrigado	143,10 bB	157,83 aA
Irrigado	168,76 aA	153,59 aB
DMS (5%)	Linha e Coluna = 14,30	

<sup>(4)</sup> Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No desdobramento desta interação pode-se observar que dentro do manejo de água - não irrigado, o uso da inoculação de sementes apresentou uma média estatisticamente superior ao tratamento que não foi utilizado a inoculação. Dentro do manejo de água - irrigado, o comportamento observado foi inverso ao tratamento não irrigado.

Dentro da inoculação de sementes - não inoculado, o tratamento irrigado foi o que apresentou o maior valor, e não houve diferença significativa para os dois manejos de água dentro do uso de inoculação das sementes.

Não foi observada eficiência do uso da inoculação de sementes dentro do manejo de água (irrigado), que indicasse a capacidade da planta de arroz crescer e acumular nitrogênio. Tal resultado pode ser atribuído a outros fatores da interação *Azospirillum*-planta ainda não compreendidos.



A Tabela 9 apresenta o desdobramento significativo do manejo de água x inoculação de sementes, para grãos cheios panicula<sup>-1</sup>.

**Tabela 9-** Desdobramento da interação manejo de água x inoculação de sementes para número de grãos cheios panícula-1 em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura (5). Selvíria - MS, 2010/11.

Manejo de água	Inoculação de sementes	
	Não inoculado	Inoculado
Não irrigado	109,26 bB	131,98 aA
Irrigado	126,02 aA	127,21aA
DMS (5%)	Linha e Coluna = 13,79	

<sup>(5)</sup> Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pode-se verificar que o manejo de água dentro da inoculação houve diferença significativa para o tratamento irrigado dentro do tratamento não inoculado. Para o manejo de água dentro do tratamento inoculado não houve diferença significativa.

Para a inoculação dentro do manejo de água observa-se que o uso da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* foi significativa dentro do tratamento não irrigado. Já o uso ou não da inoculação dentro do tratamento irrigado não apresentou diferença significativa.

#### 4.5 Massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos

Os valores médios para a massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos estão apresentados na Tabela 10.

Para massa de 100 grãos observou-se efeito significativo apenas, para manejo de água. O tratamento irrigado apresentou uma média de 2,64 g e o tratamento não irrigado apresentou uma média de 2,36 g. A disponibilidade de água no solo é um fator muito importante para o arroz de terras altas durante fase de enchimento dos grãos. Pode-se observar um pequeno período de estiagem durante esta fase, o que prejudicou o processo de enchimento de grãos, no tratamento que dependeu apenas da precipitação pluvial, assim como relatado por Souza (2003) e Rodrigues et al. (2004).

Na avaliação da massa hectolétrica foi observado efeito significativo para manejo de água, sendo a média observada para o tratamento irrigado de 55,92 g, já para o tratamento não irrigado a média observada foi de 49,16 g. Arf et al. (2001) avaliaram o comportamento das

cultivares IAC 201, Carajás e Guarani sob diversos preparos do solo e três lâminas de água e observaram que as lâminas utilizadas influenciaram a massa hectolétrica, sendo que os tratamentos que foram irrigados apresentaram maiores valores para este atributo.

**Tabela 10-** Valores médios de massa de 100 grãos (MCG), massa hectolétrica (MH) e produtividade de grãos (Prod) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura <sup>(7)</sup>. Selvíria - MS, 2010/11.

<b>Tratamento</b>	<b>MCG(g)</b>	<b>MH (kg 100L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Prod (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Manejo de água</b>			
Não irrigado	2,36 b	49,16 b	2887 b
Irrigado	2,64 a	55,92 a	3273 a
DMS (5%)	0,07	1,82	263,25
<b>Inoculação de sementes</b>			
Não inoculado	2,50	52,77	3004
Inoculado	2,50	52,30	3157
DMS (5%)	-	-	-
<b>Doses de N</b>			
0 kg ha <sup>-1</sup>	2,50	53,38	2899
25 kg ha <sup>-1</sup>	2,58	52,25	2901
50 kg ha <sup>-1</sup>	2,50	53,52	3170
75 kg ha <sup>-1</sup>	2,50	52,24	3389
100 kg ha <sup>-1</sup>	2,43	51,31	3043
<b>Teste F</b>			
Manejo de água (A)	68,303 **	55,210 **	8,624 **
Inoculação (I)	0,001 ns	0,270 ns	1,351 ns
Doses de N (D)	1,941 ns	0,807 ns	1,957 ns
A x I	0,946 ns	0,841 ns	0,165 ns
A x D	1,941 ns	1,646 ns	2,320 ns
I x D	0,210 ns	0,073 ns	0,512 ns
Média geral	2,50	54,55	3080,72
CV (%)	6,02	7,74	19,11

<sup>(7)</sup> Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \*\* e ns são respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo teste F.

A produtividade de grãos, assim como a massa de 100 grãos e a massa hectolétrica, apresentou efeito significativo apenas para o manejo de água. A média da produtividade de grãos para o tratamento irrigado foi significativamente superior à produtividade do tratamento não irrigado. A utilização da irrigação por aspersão garantiu aumento de 13,38% na produtividade.

Durante o período de execução do experimento pode-se observar alguns períodos de estiagem, o que, provavelmente, afetou o desenvolvimento da cultura, logo, o tratamento que

recebeu irrigação por aspersão apresentou melhor resultado para a produtividade de grãos, quando comparado ao tratamento que teve sua demanda hídrica atendida apenas pela precipitação pluvial.

Nakayama (2005) observou aumento na produtividade da cultivar BRS Talento com o uso da irrigação por aspersão durante todo o ciclo da cultura. Assim como Crusciol et al. (2003b) verificaram maior produtividade de grãos com o uso da irrigação, na cultivar IAC 201, com um aumento de 34,5% em comparação a produtividade obtida em condições de sequeiro.

Apesar de a produtividade ter aumentado com a elevação das doses de N testadas, o teste F e a regressão para esta variável não foi significativa. A produtividade de grãos é característica controlada por grande número de genes, sendo, portanto, herança quantitativa. Isto porque a produtividade de grãos depende da interação de vários componentes de produção e do ambiente, mostrando que as correlações entre a produtividade de grãos e seus componentes podem ter valores significativos, positivos ou negativos (FAGERIA et al., 2007).

#### **4.6 Teor de nitrogênio na planta, teor de nitrogênio nos grãos e teor de nitrogênio na folha bandeira**

Os valores médios para o teor de nitrogênio na planta, nos grãos e na folha bandeira estão apresentados na Tabela 11.

Para o teor de nitrogênio na planta, nos grãos e na folha bandeira houve efeito significativo para o manejo de água. O tratamento irrigado apresentou teor de nitrogênio, tanto na planta quanto nos grãos e na folha bandeira, significativamente superior ao tratamento não irrigado.

O processo de contato íon/raíz de N acontece por fluxo de massa, o qual é o produto da taxa de absorção de água por unidade de raízes pela concentração de nutrientes na solução do solo (FAGERIA, 2006), logo, a disponibilidade hídrica proporcionada pelo uso da irrigação por aspersão pode aumentar a taxa de absorção deste nutriente e, conseqüentemente, sua translocação pelas várias partes da planta.

Observou-se aumento linear do teor de N nos grãos com o incremento das doses testadas. Isto, provavelmente, ocorreu porque a maior disponibilidade de N proporcionou maior concentração deste nutriente nos grãos, pela maior translocação dos fotoassimilados de partes da planta para os grãos, como foi observado por Fageria (1991) em trabalho realizado

em casa de vegetação, em que a distribuição de N na planta de arroz foi de aproximadamente de 15% nas raízes, 35% na parte aérea e 50% nos grãos.

**Tabela 11-** Valores médios do teor de nitrogênio na planta (TP), teor de nitrogênio nos grãos (TG) e teor de nitrogênio nas folhas (TF) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura<sup>(6)</sup>. Selvíria - MS, 2010/11.

<b>Tratamento</b>	<b>TP (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>TG(g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>TN (g kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Manejo de água</b>			
Não irrigado	6,0 b	12,3 b	22,57 b
Irrigado	7,1 a	14,0 a	25,15 a
DMS (5%)	0,45	0,42	1,28
<b>Inoculação de sementes</b>			
Não inoculado	6,4	13,0	23,74
Inoculado	6,6	13,3	23,98
DMS (5%)	-	-	-
<b>Doses de N</b>			
0 kg ha <sup>-1</sup>	6,5	12,9 <sup>(6)</sup>	23,34
25 kg ha <sup>-1</sup>	6,2	12,5	23,50
50 kg ha <sup>-1</sup>	6,3	13,2	23,81
75 kg ha <sup>-1</sup>	6,7	13,4	24,57
100 kg ha <sup>-1</sup>	7,1	13,8	24,09
<b>Teste F</b>			
Manejo de água (A)	22,077 **	66,362 **	16,306**
Inoculação (I)	0,842 ns	2,031 ns	0,144 ns
Doses de N (D)	2,026 ns	4,436 **	0,467 ns
A x I	1,561 ns	0,614 ns	1,581 ns
A x D	0,639 ns	1,336 ns	1,041 ns
I x D	0,530 ns	1,882 ns	1,433 ns
Média geral	6,5	13,2	23,86
CV (%)	15,45	7,15	11,96

<sup>(6)</sup> Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \*\* e ns são respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo teste F. Equação de regressão e coeficiente de determinação para teor de N na panícula e doses de N:  $y = 12,62 + 0,011x$ ,  $R^2 = 0,7672$ .

#### 4.7 Rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados

Os valores médios de rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e de grãos quebrados para os tratamentos testados estão apresentados na Tabela 12.

Para o rendimento de benefício, houve efeito significativo, apenas para o manejo de água, no qual o tratamento irrigado foi superior, estatisticamente, com relação ao tratamento que não foi irrigado. O mesmo comportamento foi observado para o rendimento de grãos

inteiros. Este comportamento evidencia a importância da irrigação durante a fase de enchimento e de maturação dos grãos, pois, assim a planta absorve os nutrientes de forma adequada, garantindo a translocação de fotoassimilados para a formação dos grãos.

**Tabela 12-** Rendimento de benefício (RB), rendimento de grãos inteiros (RGI) e grãos quebrados (GQ) em arroz de terras altas em resposta ao manejo de água, a inoculação de sementes com *Azospirillum. brasilense* e doses de N em cobertura<sup>(8)</sup>. Selvíria - MS, 2010/11.

<b>Tratamentos</b>	<b>RB(%)</b>	<b>RGI(%)</b>	<b>GQ (%)</b>
<b>Manejo de água</b>			
Não irrigado	70,75 b	64,39 b	5,85
Irrigado	77,51 a	71,66 a	6,35
DMS (5%)	3,48	4,63	-
<b>Inoculação de sementes</b>			
Não inoculado	74,49	67,72	6,03
Inoculado	73,75	68,32	6,17
DMS (5%)	-	-	-
<b>Doses de N</b>			
0 kg ha <sup>-1</sup>	74,67	68,26	6,41
25 kg ha <sup>-1</sup>	74,14	68,04	6,11
50 kg ha <sup>-1</sup>	74,84	68,82	6,02
75 kg ha <sup>-1</sup>	74,56	68,69	5,87
100 kg ha <sup>-1</sup>	72,41	66,31	6,10
<b>Teste F</b>			
Manejo e água (A)	15,144**	9,874**	0,472 ns
Inoculação (I)	0,181 ns	0,068 ns	0,033 ns
Doses de N (D)	0,262 ns	0,153 ns	0,056 ns
A x I	0,131 ns	0,097 ns	0,015 ns
A x D	0,992 ns	0,933 ns	1,332 ns
I x D	0,379 ns	0,595 ns	0,560 ns
Média geral	74,13	68,03	6,10
CV (%)	10,49	15,21	24,04

<sup>(8)</sup> Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \*\* e ns são respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo teste F.

Arf et al. (2002) avaliaram o rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados das cultivares de arroz IAC 201, Carajás e Guarani em função do preparo do solo e de três lâminas de irrigação e, concluíram que o uso da irrigação por aspersão aumenta o rendimento de benefício e o rendimento de grãos inteiros.

Crusciol et al. (2003a) avaliaram a produtividade e qualidade industrial de grãos da cultivar Caiapó em função de cinco lâminas de irrigação e, observaram que o rendimento de

benefício e o rendimento de grãos inteiros foram influenciados, positivamente, pelo uso da irrigação por aspersão.

Com relação a doses de N não foi observado efeito significativo sobre o rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados. Guimarães (2008) avaliou a eficiência do uso isolado e combinado de três adubos verdes (milheto, crotalária e mucuna) e uréia como fontes de nitrogênio nas cultivares IAC 202 e Primavera e, verificou que para o rendimento de benefício e rendimento de grãos inteiros não houve resposta significativa para as doses de N testadas (0, 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup>).

Freitas et al. (2007) avaliaram a produtividade das cultivares IAC 101, IAC 103 e EPAGRI 109 irrigadas por inundação, submetidas a quatro doses de N (0, 90, 180, 270 kg ha<sup>-1</sup>) e observaram que as mesmas não influenciaram, significativamente, o rendimento de grãos inteiros.

Cazetta et al. (2008) analisaram os componentes de rendimento de engenho da cultivar IAC 202 em função de coberturas vegetais e da aplicação de doses de seis doses de N (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura e não observaram efeito significativo das doses testadas sobre o rendimento de grãos quebrados em um dos anos avaliados.

O rendimento de grãos inteiros significa a quantidade de grãos inteiros obtida após o beneficiamento industrial e é um dos parâmetros mais importantes para determinar o valor de comercialização do arroz (OLIVEIRA et al., 1998). Nacionalmente, atribui-se ao arroz em casca uma renda base no benefício de 68%, constituída de um rendimento do grão de 40% de inteiros mais 28% de quebrados e quirera (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

Os valores observados para rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados são próximos ou superiores (rendimento de benefício e rendimento de grãos inteiros) e inferiores (rendimento de grãos quebrados) aos descritos por aqueles autores, indicando boa qualidade dos grãos. Este efeito pode ser explicado pela influência do uso da irrigação por aspersão.

## 5. CONCLUSÕES

O uso da irrigação por aspersão possibilitou melhor crescimento da cultura do arroz, cultivar Primavera, caracterizado pelo aumento na altura de plantas, sem a ocorrência de acamamento, número de panículas  $m^{-2}$ , fertilidade dos colmos e espiguetas, número de grãos, massa de 100 grãos, massa hectolétrica, produtividade de grãos, rendimento de benefício e rendimento de grãos inteiros, além de aumentar o teor de nitrogênio na planta, nos grãos e na folha bandeira.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou incremento no número de colmos  $m^{-2}$ , número de panículas  $m^{-2}$ , fertilidade dos colmos e no número total de grãos, porém não interferindo na produtividade de grãos e rendimento industrial.

As doses de N até  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , aplicadas em cobertura proporcionaram o aumento linear da altura de plantas, número de colmos e de panículas  $m^{-2}$ , número de grãos totais e número de grãos cheios, porém não refletiu na produtividade de grãos.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; BARBOSA, M. C.; VIEIRA, P. V. D.; BAZO, G. L. Avaliação da eficiência da inoculação das sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) com *Azospirillum*. In: MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS DE AGRONOMIA, 4., 2008, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2008. p. 48-50.

ALVAREZ, A. C. C. **Produção do arroz em função da adubação com silício e nitrogênio no sistema de sequeiro e irrigado por aspersão**. 2004. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

ANDRADE, W. E. B.; AMORIM NETO, S. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de duas cultivares de arroz irrigado na região Norte Fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3, p. 293-300, 1996.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.871-879, jun. 2001.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, abr/jun, 2002.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Soil management and nitrogen fertilization for sprinkler-irrigated upland rice cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 345-352, abr./jun., 2003.



ARF, O.; BASTOS, J. C. H. A. G.; SILVA, M. G.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio na produção de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 215-223, abr./jun., 2005.

BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology e Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 5/6, p. 911-922, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.

BEVIVINO, A.; PEGGION, V.; CHIARINI, L.; TABACCHIONI, S.; CANTALE, C.; DALMASTRI, C. Effect of *Fusarium verticillioides* on maize-root-associated *Burkholderia cenocepacia* populations. **Research in Microbiology**, Paris, v. 156, n. 10, p. 974-983, 2005.

BOLDIERI, F. M.; CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 421-428, mai/jun, 2010.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; MEIRA, F. A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clorimequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, dez. 2006.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento**. Brasília: CONAB, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

COELHO, M.B. **Efeito da água disponível no solo e de níveis de irrigação sobre duas variedades de arroz**. 1976. 42 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1976.

CORNÉLIO, V. M. O.; REIS, M. S.; SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; OLIVEIRA, J. A. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na incidência de doenças, produção e qualidade sanitária das sementes de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 47-52, jan/fev, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terras altas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 63-70, 1999.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, R. A. F. Produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas em função de lâminas de água no sistema irrigado por aspersão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 21, p. 125-130, 2003a.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M. Produtividade do arroz de terras altas sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão em função do espaçamento entre fileiras. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 1, p. 10-15, 2003b.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; RODRIGUES, R. A. F.; MACHADO, J. R. Manejo de irrigação por aspersão com base no “Kc” e adubação mineral na cultura do arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 465-475, 2003c.

DIAS, A. F. S.; SILVA, F. N.; MAIA, S. S. S. Resposta do arroz de sequeiro a adubação com NPK em solos do município em Ji-Paraná/Rondônia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 120-124, 2010.

DIDONET, A. D.; MARTIN-DIDONET, C. C. G.; GOMES, G. F. **Avaliação de linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum lipoferum* Sp59b e *A. brasilense* Sp245**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 4 p. (Comunicado Técnico, 69).

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F. O. **Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants**. Madison: Springer-Verlag, 1987. 155 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 194 p. (Estudios FAO - Riego y Drenaje, 24).

EL-KHAWAS, H.; ADACHI, K. Identification and quantification of auxins in culture media of *Azospirillum* and *Klebsiella* and their effect on rice roots. **Biology and Fertility of soils**, Berlim, v. 28, n. 4, p. 377-381, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para a maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 12, p. 1709-1712, 1982.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/Campus, 1984. 341 p.

FAGERIA, N. K. Resposta de cultivares de arroz a fertilizante fosfatado em Latossolo Vermelho-Escuro do Brasil Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 63-67, jan./abr., 1991.

FAGERIA, N. K.; SANTANA, E. P.; CASTRO, E. M.; MORAES, O. P. Resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro à fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 261-267, 1995.

FAGERIA, N. K. Época de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., Goiânia, 1998. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1998. p. 96-98.

FAGERIA, N. K. Nutrição mineral. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Org). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 387-424.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.

FALLIK, E.; OKON, Y. Inoculants of *Azospirillum brasilense*: biomass production, survival and growth promotion of *Setaria italica* and *Zea mays*. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 28, n. 1, p. 123-126, 1996.

FERRAZ, E. C. Ecofisiologia do arroz. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 185-202.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.

FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; STONE, L. F. Sistema de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Org). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 53-96.

GUIMARÃES, G. L. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigadas no Cerrado**. 2008. 53 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

HERNANDES, A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 307-312, mar./abr., 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA: sistema IBGE de recuperação automática. [S.l.]: IBGE, 2004. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 23 fev. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola 2008**. [S.l.]: IBGE, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 fev. 2011.

KUNZ, J. H.; CARLESSO, R.; ROSA, G. M.; GARCIA, C. G.; PETRY, M. T.; MELO, G. L. Adubação nitrogenada do arroz de sequeiro irrigado por aspersão no RS. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002, p. 1-4.

LABONDE, J.; CAMPESATO, C.; KUSS, A. V. Avaliação do crescimento de plântulas de trigo e arroz inoculados com bactérias diazotróficas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2010, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2010. p. 1-4.

LADHA, J. K.; REDDY, P. M. Nitrogen fixation in rice systems: state of knowledge and future prospects. **Plant and Soil**, The Hague, v. 252, n. 1, p. 151-167, 2003.

LARROSA, R. F. M.; MARCHEZAN, E.; AITA, C.; CORADINI, J. C. Eficiência da aplicação de nitrogênio no perfilhamento ao arroz em três manejos de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p. 745-749, 2001.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro**. 3. ed. São Paulo: Ultrafértil, 1981. 38 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARIOT, C. H. P.; SILVA, P. R. F.; MENEZES, V. G.; TEICHMANN, L. L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a densidade de semeadura e a adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 233-241, 2003.

MAUAD, M. CRUSCIOL, C. A. C.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J. C. Nitrogen and silicone fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 761-765, oct./dec., 2003.

MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. Compactação do solo e manejo de água I: Efeito sobre a absorção de N, P, K massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 940-947, set./out., 2005.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de dois cultivares de arroz à adubação nitrogenada e tratamento foliar com fungicidas. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 91-95, jan./mar., 2005.

MICHELON, J. C.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; FIORIN, T. T.; DE BONA, F. D.; MELO, G. L.; KUNZ, J. H. Influência da adubação nitrogenada no rendimento e componentes do rendimento do arroz de sequeiro irrigado por aspersão no RS. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPGA-CS/UFRJ, 2002. 1 CD-ROM.

MIQUELETTI, F.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O. Atendimento hídrico ao arroz de terras altas para diferentes épocas de semeadura no noroeste de São Paulo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 257-262, 2007.

MOREIRA, J. C. F.; GUIMARÃES, S. L.; REGIS, D. L. S.; REZENDE, D.; BORGES, C. M. Produção de biomassa em plantas de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum* spp. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

MULLER, S. **Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de três cultivares de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. 1980. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1980.

NAKAO, W. S. **Manejo de água na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão**. 1995. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1995.

NAKAYAMA, F. T. **Preparo do solo, manejo de água e nitrogênio em cobertura no arroz de terras altas**. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

NAVES, M. M. V.; BASSINELLO, P. Z. Importância na nutrição humana. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Org). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 17-30.

NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; ARF, O.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2004.

OLIVEIRA, G. S. **Efeito de densidade de semeadura no desenvolvimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições de sequeiro e irrigado por aspersão**. 1994. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1994.

OLIVEIRA, G. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F. Efeito de espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento de cultivares de arroz de sequeiro irrigado por aspersão. II. Componentes do rendimento de engenho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA- CNPAF. p. 49-52.

PATRIQUIN, D. G.; DÖBEREINER, J.; JAIN, D. K. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 29, n. 8, p. 900-915, 1983.

PENG, S.; BISWAS, J. C.; LADHA, J. K. Influence of rhizobial inoculation on photosynthesis and grain yield of rice. **Agronomy Journal**, Madison, n. 94, v.3, p. 925 - 929, 2002.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 31 p. (Boletim técnico, 81).

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (Ed) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 153-172.

REDDY, P. M.; LADHA, J. K. Nitrogen fixation in rice: objectives and achievements. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, G. M.; NEWTON, W. E. (Ed.). **Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 641-646. (Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture, 38).

RODRIGUES, R. A. F.; SORATTO, R. P.; ARF, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 546-556, set/dez, 2004.

SANTANA, N. M. P.; SILVA, S. C.; STONE, L. F. Analogia de riscos climáticos para a cultura do arroz de terras altas em dois sistemas de cultivo no Estado de Goiás. In: BALBINO, L. C.; VIEIRA, E. H. N. (Ed.). In: SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 1.; SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 12., 2004, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: UFG, 2004. (Documentos, 167). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/214244/1/doc167.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2010.

SANT'ANA, E. P. Cultivo do arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 71-75, 1989.



SANTOS, L. O.; SILVA, G. A.; OSSANES, L. S.; CHIARELO, C.; WINKLER, A. S. Resposta da cultivar de arroz BRS Querência a doses de nitrogênio. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 10., 2008, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2008. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/ca.html>>. Acesso em: 16 jan. 2011.

SOUSA, H. U.; PEREIRA, J. A. Níveis de nitrogênio e potássio em arroz de terras altas no cerrado do meio norte do Brasil. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 581-584.

SOUZA, R. A. R. S. **Comportamento de cultivares de arroz de terras altas em função do preparo do solo e irrigação por aspersão, em Latossolo Vermelho de Cerrado**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; OLIVEIRA, A. B.; AQUINO, A. R. L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produtividade do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 105-109, 1979.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998. Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/4b9327fca7facde032564ce004f7a6a/2ff69ee43dc60e70832566800042dcdf?OpenDocument>>. Acesso em: 8 dez 2010.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; YOKOYAMA, L. P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 927-932, jun. 1999.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. In: STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. (Ed). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 115-128.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Irrigação. In: \_\_\_\_\_. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 683-730.

## 7. ANEXOS



**Anexo 1-** Cultura do arroz aos 30 dias após a emergência. Selvíria - MS, 2010/11.



**Anexo 2-** Cultura do arroz aos 57 dias após a emergência. Selvíria - MS, 2010/11.



**Anexo 3-** Fase reprodutiva, 88 dias após a emergência. Selvíria - MS, 2010/11.



**Anexo 4-** Cultura do arroz na fase final do desenvolvimento. Selvíria - MS, 2010/11.