

## **Cultivo de arroz de terras altas sob disponibilidades hídricas e inoculado com *Azospirillum brasilense***

### **Upland rice cultivation under water availability and inoculated with *Azospirillum brasilense***

DOI:10.34117/bjdv7n9-211

Recebimento dos originais: 07/08/2021

Aceitação para publicação: 01/09/2021

#### **Salomão Lima Guimarães**

Formação acadêmica: Doutor em Ciências

Instituição de atuação atual: Universidade Federal de Rondonópolis

Endereço completo: Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária,  
Rondonópolis - MT, 78736-900

E-mail: salomao@ufr.edu.br

#### **Jayson Carrijo Flauzino**

Formação acadêmica: Engenheiro Agrícola e Ambiental

Instituição de atuação atual: Universidade Federal de Rondonópolis

Endereço completo: Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária,  
Rondonópolis - MT, 78736-900

E-mail: jayson\_carrijo@hotmail.com

#### **Phellype da Silva Ormay**

Formação acadêmica: Mestrando em Engenharia Agrícola

Instituição de atuação atual: Universidade Federal de Rondonópolis

Endereço completo: Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária,  
Rondonópolis - MT, 78736-900

E-mail: phellypeormay@gmail.com

#### **Christian Matheus Alves Reis**

Formação acadêmica: Mestrando em Engenharia Agrícola

Instituição de atuação atual: Universidade Federal de Rondonópolis

Endereço completo: Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária,  
Rondonópolis - MT, 78736-900

E-mail: christianmatheus1014@gmail.com

### **RESUMO**

Devido ao crescimento populacional, existe a necessidade de aumentar a produtividade de grãos, utilizando os recursos já disponíveis, influenciando diretamente a busca por novas tecnologias que reduzam o custo e auxiliem na manutenção do meio ambiente. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da disponibilidade hídrica no arroz de terras altas inoculado com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando a cultivar BRS Esmeralda, indicada para regiões de terras altas. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com quatro disponibilidades hídricas (40%, 60%, 80% e 100% da capacidade de retenção de umidade no vaso), um inoculante comercial para arroz, composto pelas estirpes Ab-

V5 e Ab-V6 de *A. brasilense* e adubação nitrogenada ( $50 \text{ mg dm}^{-3}$  de nitrogênio na forma de ureia), com cinco repetições. As variáveis analisadas foram altura de plantas, número de perfilhos, índice de clorofila Falker, massa seca da parte aérea, volume de raízes, massa seca de raízes, número e peso seco de grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, seguido dos testes de regressão e teste Tukey para os fatores quantitativos e qualitativos respectivamente, adotando-se 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que não houve interação entre os fatores em nenhuma das variáveis analisadas. Contudo, houve diferença significativa isolada entre as fontes de nitrogênio para as variáveis volume de raiz e massa seca da parte aérea. Nas variáveis altura de plantas, número de perfilhos, índice de clorofila Falker, peso seco de raiz, número e peso de grãos, observou-se efeito isolado para as disponibilidades hídricas. A disponibilidade hídrica que proporcionou melhor desenvolvimento para a cultivar BRS- Esmeralda foi de 80% da capacidade de retenção de umidade do vaso.

**Palavras-chave:** nitrogênio, bactérias diazotróficas associativas, *Oryza sativa* L.

## ABSTRACT

Due to population growth, there is a need to increase grain productivity, using the resources already available, directly influencing the search for new technologies that reduce costs and help maintain the environment. Thus, the present work aimed to evaluate the effects of water availability in upland rice inoculated with *Azospirillum brasilense*. The experiment was carried out in a greenhouse, using the cultivar BRS Esmeralda, indicated for highland regions. The statistical design was completely randomized in a 4x2 factorial scheme, with four water availability (40%, 60%, 80% and 100% of the moisture retention capacity in the pot), a commercial rice inoculant, composed of the strains Ab-V5 and Ab-V6 of *A. brasilense* and nitrogen fertilization ( $50 \text{ mg dm}^{-3}$  of nitrogen in the form of urea), with five repetitions. The variables analyzed were plant height, number of tillers, Falker chlorophyll index, shoot dry mass, root volume, root dry mass, number and dry weight of grains. The data obtained were subjected to analysis of variance, followed by regression tests and Tukey test for quantitative and qualitative factors, respectively, adopting 5% probability. The results showed that there was no interaction between the factors in any of the analyzed variables. However, there was an isolated significant difference between the treatments for the variables root volume and shoot dry mass. In the variables plant height, number of tillers, Falker chlorophyll index, root dry weight, number and weight of grains, an isolated effect was observed for water availability. The water availability that provided the best development for the BRS-Esmeralda cultivar was 80% of the pot's moisture retention capacity.

**Keywords:** nitrogen, associative diazotrophic bacteria, *Oryza sativa* L.

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é um dos principais cereais encontrados nas refeições da população mundial. Segundo a Companhia Brasileira de Abastecimento, o Brasil produziu cerca de 10,6 milhões de toneladas de arroz na safra 2019/20, e está entre os dez maiores produtores desse cereal no mundo (CONAB, 2020).

A região sul do Brasil é responsável aproximadamente 80% da produção de arroz do território nacional, predominando o cultivo do arroz irrigado. Contudo algumas doenças relacionadas com a quantidade de água que é aplicada na cultura do arroz, como a brusone (*Pyricularia Oryzae*) tem sido responsável por uma queda na produtividade e na qualidade dos grãos, fazendo com que pesquisas relacionadas à produção de arroz de sequeiro ou de terras altas seja impulsionada ainda mais para garantir as melhorias na produção (SOSBAI, 2018).

O elevado custo na produção de arroz está associado principalmente a utilização de adubos nitrogenados, que além de se perder facilmente para o ambiente, pode ocasionar contaminação da água e do solo, fazendo-se necessário o aumento em pesquisas e novas formas de cultivo, como por exemplo a aplicação de micro-organismos capazes de fixar nitrogênio atmosférico, disponibilizando-o às plantas, e dessa forma contribuir para minimizar perdas para o ambiente, reduzir a poluição e os custos de produção (GARÉ et al., 2017).

Diante do cenário agrícola existente na região Centro-Oeste brasileira e dos problemas encontrados nas etapas de produção, a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio, como é o caso do gênero *Azospirillum*, se mostra uma técnica extremamente eficiente não só pelo fornecimento de nitrogênio, mas também por auxiliar na síntese de hormônios responsáveis pelo crescimento do arroz cultivado em terras altas (GARCIA et al., 2016), além da sua característica endofítica, podendo também induzir mecanismos de defesa das plantas, assim como o fornecimento de fósforo por meio da solubilização de fosfatos (MIGUEL et al., 2021).

Além da disponibilidade de nitrogênio, outro fator limitante para a produção de arroz de terras altas é a disponibilidade hídrica, que afeta diretamente o desenvolvimento da planta e conseqüentemente influência na produção final. De acordo com (Goes et al., 2016), além da redução do acúmulo de massa seca, o estresse hídrico afeta diretamente a produtividade, reduz os teores de cálcio, magnésio e influencia a absorção de nitrogênio pela planta. Através disso, a busca por técnicas e práticas mais rentáveis que possam aumentar a tolerância das plantas a maiores períodos de déficit hídrico tem enorme importância, pois visa reduzir as perdas no cultivo do arroz sem que influencie na sua produtividade.

Considerando que a água e o nitrogênio disponíveis são fatores essenciais na produtividade das plantas de arroz, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os

efeitos da disponibilidade hídrica no arroz de terras altas inoculado com bactérias diazotróficas associativas.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis, com coordenadas geográficas: 16°27'48" S, 54°34'45" W e altitude de 284m.

O clima do local onde o experimento foi realizado é Aw de acordo com a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical de altitude, apresentando verão chuvoso e inverno seco, onde as temperaturas médias dos meses mais quentes está acima de 24 °C (AGRITEMPO, 2019).

Inicialmente foi realizada a limpeza da área onde foi feita a coleta do solo. O solo foi peneirado em peneira com malha de 4mm e posteriormente foi alocado em 40 vasos com capacidade para 4 dm<sup>3</sup> de solo.

O solo da área foi classificado como um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2018), o qual foi submetido à análise química (Tabela 1) de acordo com o Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 2017).

Tabela 1 - Análise química do solo coletado na profundidade de 0 - 20 cm.

Análise química do solo (0 – 20 cm)										
pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H	Al	V	MO	CTC	SB (S)
(CaCl <sub>2</sub> )	dm <sup>-3</sup> )		.....(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	.....			(%)	(g dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
4,0	1,4	23	0,4	0,2	5,4	0,8	9,7	27,1	6,8	0,7

P = fósforo disponível; K<sup>+</sup>, Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> e Mg<sub>2</sub><sup>+</sup> trocáveis; H e Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = saturação por bases; e MO = matéria orgânica; SB = soma de bases.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com quatro disponibilidades hídricas (40%, 60%, 80% e 100% da capacidade de retenção de umidade no vaso), um inoculante comercial para arroz, composto pelas estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada (50 g dm<sup>-3</sup> de nitrogênio na forma de ureia), com 5 repetições.

Após análise química do solo (Tabela 1), foi realizada a calagem para elevação da saturação por bases a 50%. Ao final do período de incubação, o solo foi submetido à adubação fosfatada, aplicando a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, enquanto que para a

adubação potássica, utilizou-se 80 mg dm<sup>-3</sup> de Cloreto de Potássio (KCl). Acrescentou-se ainda a adubação de micronutrientes (30 mg dm<sup>-3</sup>), que utilizou como fonte o produto comercial FTE, composto por Cobre, Boro, Manganês e Zinco.

As disponibilidades hídricas foram determinadas a partir da obtenção da capacidade máxima de retenção de água no solo descrita por Bonfim-Silva et al. (2011), onde foram separados três vasos idênticos aos usados no experimento e posteriormente preenchidos com terra fina seca ao ar (TFSA), pesados e dispostos em um recipiente com tamanho necessário para os três vasos. O recipiente foi preenchido com água até dois terços dos vasos, favorecendo a saturação por capilaridade, e após vinte quatro horas os vasos foram alocados de forma que permitisse a sua drenagem. Ao final da drenagem, os vasos foram novamente pesados, e através da diferença dos pesos foi calculada a capacidade de retenção de umidade no vaso.

Foram semeadas 10 sementes por vaso, e após a germinação foi feito o desbaste, deixando quatro plantas por vaso. Após o desbaste, seguiu-se a inoculação das plantas nos vasos referentes ao tratamento com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense*, utilizando a recomendação do fabricante, enquanto os vasos cujo o tratamento era a adubação nitrogenada, aplicou-se a dose de 50 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio na forma de ureia, quando as plantas atingiram 10 cm de altura.

As variáveis analisadas foram altura de plantas, número de perfilhos, índice de clorofila Falker (Matsunaka et al., 1997), massa seca da parte aérea (Crusciol et al., 2013), volume e massa seca de raízes, número e massa seca de grãos.

A altura de plantas foi considerada utilizando a distância vertical entre a base das plantas e a extremidade do perfilho mais alto, enquanto que o número de perfilhos por plantas em cada vaso foi determinado utilizando-se a contagem manual.

A massa seca e o volume de raiz foram determinados através da metodologia sugerida por Fernandes et al., 2019. Já o número e massa seca de grãos foram contados de maneira manual e pesados com auxílio de balança semianalítica respectivamente, sendo separados por unidade experimental.

As variáveis respostas foram submetidas à análise de variância ( $p < 0.05$ ) para determinar se houve interação entre as fontes de nitrogênio e as disponibilidades hídricas. Em caso de diferença significativa, utilizou-se o teste de Tukey para os tratamentos qualitativos e análise de regressão para os tratamentos quantitativos, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), adotando-se até 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados demonstrou que não houve interação entre os fatores disponibilidade hídrica e fontes de nitrogênio para as variáveis analisadas. Contudo, houve diferença significativa isolada entre os tratamentos para as variáveis volume de raiz e massa seca da parte aérea com 5% de significância e utilização do teste de Tukey para separação das médias.

As variáveis altura de plantas, número de perfilhos, índice de clorofila Falker, massa seca de raiz, número e massa seca de grãos apresentaram efeito isolado para as disponibilidades hídricas, ajustando-se aos modelos linear ou quadrático de regressão.

#### MASSA SECA DA PARTE AÉREA

A variável massa seca da parte aérea apresentou diferença significativa para as fontes de nitrogênio, mostrando que a adubação nitrogenada favoreceu uma maior produção de massa seca quando comparada com o inoculante comercial (Tabela 2). Porém ao considerar a máxima produção obtida nos tratamentos com adubação nitrogenada, plantas inoculadas produziram massa seca correspondente a 75,6% dessa produção.

Tabela 2 – Massa seca da parte aérea de plantas de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum brasilense* e submetidas a disponibilidades hídricas.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea (g vaso <sup>-1</sup> )
<i>Azospirillum brasilense</i>	18,6 b
Adubação nitrogenada	24,6 a
CV (%)	17,64

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A matéria seca da parte aérea tem grande importância pois além de ser utilizada para a manutenção da qualidade do solo, devido a sua alta relação C/N, pode influenciar também na retenção de água do solo e favorecer os índices de produção através da liberação de nitrogênio para o solo (Silva et al., 2019). O aumento de matéria seca pode ser estimulado através da inoculação, pois as bactérias aumentam a atividade das enzimas fotossintéticas e aumentam a assimilação do nitrogênio pela planta (GALEANO et al., 2019).

No estudo realizado por Osório Filho et al. (2016), utilizando rizóbios e doses de nitrogênio para promoção do crescimento de plantas de arroz, mostrou que mesmo que as estirpes de rizóbios não sejam capazes de fixar nitrogênio nas plantas de arroz, a

inoculação incrementou 19% na produção de matéria seca da parte aérea devido a sua capacidade de influenciar na absorção de nutrientes, validando os resultados encontrados nesse presente estudo sobre os efeitos positivos da inoculação.

Heinrichs et al. (2020) em experimento de campo usando argissolo, avaliou os efeitos da inoculação de *A. brasilense* em sementes de *Urochloa brizantha* cv. *Marandu*. Os dados obtidos mostraram um incremento de 13% e 6% na massa seca da parte da aérea no primeiro e segundo ano respectivamente, quando comparados com a testemunha sem inoculação. Apesar das diferentes condições de experimento, esse presente trabalho corrobora com os resultados do autor, mostrando a eficiência dessa estirpe no processo de inoculação.

Diferente do que foi encontrado no presente estudo, Peres et al. (2018) trabalhando com a cultivar de arroz BRS Esmeralda e utilizando fontes de nitrogênio e variações hídricas, não encontraram diferença significativa para massa seca da parte aérea em relação aos tratamentos com nitrogênio, contudo a cultivar apresentou os melhores resultados quando utilizou a lâmina de água recomendada para a cultura (289 mm).

## VOLUME DE RAIZ

A variável volume de raiz apresentou diferença significativa entre as fontes de nitrogênio, em que a adubação nitrogenada beneficiou um maior volume das raízes em relação ao inoculante comercial (Tabela 3). No entanto, considerando a produção máxima obtida nos tratamentos com adubação nitrogenada, plantas inoculadas produziram volume de raiz correspondente a 72,8% dessa produção.

Tabela 3 – Volume de raiz de plantas de arroz de terras altas inoculadas com *A. brasilense* e submetidas a disponibilidades hídricas.

Tratamentos	Volume de raiz (cm <sup>3</sup> )
<i>Azospirillum brasilense</i>	115,5 b
Adubação nitrogenada	158,5 a
CV (%)	25,86

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O crescimento e desenvolvimento da raiz é essencial para o desenvolvimento da planta pois o sistema radicular é responsável pelo transporte de água e nutrientes. As bactérias da espécie *A. brasilense* produzem substâncias promotoras de crescimento, como por exemplo o ácido indolacético (AIA), cujo seu principal efeito é o crescimento das raízes por meio de divisão celular (GALEANO et al., 2019).

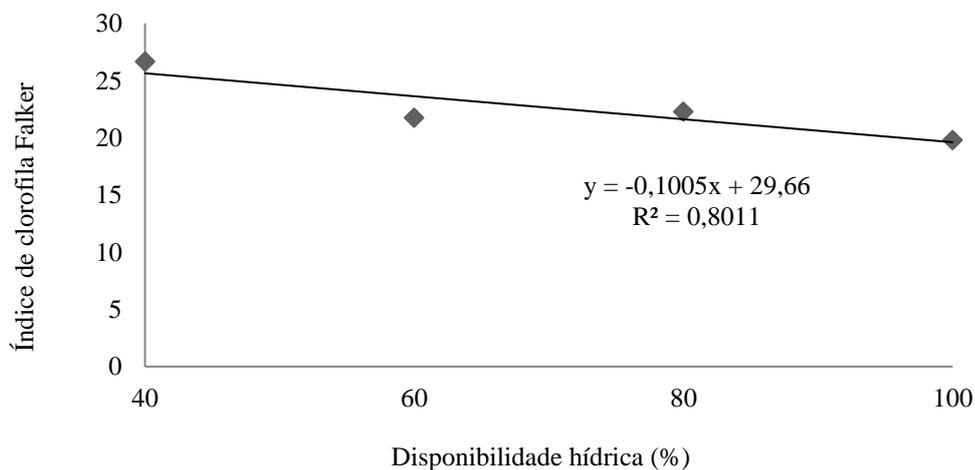
Segundo pesquisa realizada por Nunes (2013), plantas inoculadas com bactérias diazotróficas associadas a 50% de adubação nitrogenada, apresentaram resultados semelhantes às plantas que receberam 100% da adubação nitrogenada. Essa combinação auxiliou no desenvolvimento completo da planta, desde a parte vegetativa, até o sistema radicular.

Marques et al. (2020), fez um experimento utilizando cinco inoculantes de *A. brasilense* (Controle, Az1, Az2, Az3 e Az4) e duas condições hídricas (irrigado e em déficit hídrico) em plantas de milho. O estudo mostrou que a inoculação de bactérias junto com a irrigação modificou a arquitetura das raízes, favorecendo o aumento do volume e diâmetro. Essa modificação do sistema radicular melhora a capacidade de obter recursos essenciais para a planta, como água, nitrogênio e fósforo.

### ÍNDICE DE CLOROFILA FALKER

Para a variável índice de clorofila Falker não observou interação significativa entre os tratamentos, foi observado apenas efeito isolado para as disponibilidades hídricas, no qual se ajustou o modelo de regressão linear (Figura 1).

Figura 1 - Índice de clorofila Falker em plantas de arroz de terras altas em função da inoculação com *A. brasilense* e disponibilidades hídricas.



Pelo modelo de regressão linear observado na Figura 1, verifica-se um ajuste de reta decrescente. Isso ocorreu pelo fato de que os tratamentos submetidos a 100% da capacidade de campo, concluíram seu ciclo fisiológico mais rapidamente que os tratamentos submetidos a 40% da capacidade de campo.

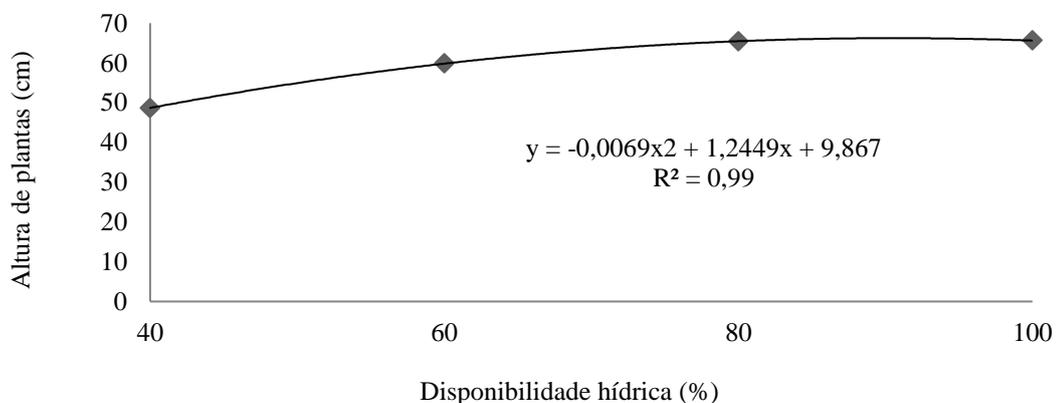
BONFIM-SILVA et al. (2011), estudando o efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento de gramíneas (Milho, Sorgo e Milheto), submeteram as culturas a 3 disponibilidades hídricas (30%, 60% da capacidade de campo e alagado). Os resultados mostraram que o maior valor de leitura SPAD foi encontrado na capacidade de campo de 60%. Em condições de alagamento do solo, os teores de nitrogênio que estão diretamente ligados com os valores de leitura foram os mais baixos, isso porque a condição de solo com excessiva quantidade de água aumenta o processo de desnitrificação, diminuindo a disponibilidade de nitrogênio para as gramíneas.

Esse presente estudo corroborou com os resultados encontrados por (KOETZ et al., 2016), que avaliaram o índice de clorofila em plantas de arroz cultivar BRS Monarca em Latossolo Vermelho de Cerrado, utilizando diferentes níveis de reposição de água. O trabalho mostrou que a variável adotou modelo linear de regressão e que quanto maior era a reposição de água, menor era o índice de clorofila. Isso ocorre devido ao fato de que as plantas com maior reposição de água, tendem a ter o seu ciclo mais acelerado, diminuindo assim os teores de nitrogênio na parte aérea da planta.

#### ALTURA DE PLANTA

Em relação a variável altura de plantas, observou-se efeito significativo somente nas disponibilidades hídricas, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão. A maior altura de planta foi encontrada na capacidade de campo de 90%, alcançando 66 cm de altura (Figura 2).

Figura 2 - Altura de planta de arroz de terras altas em função da inoculação com *A. brasilense* e disponibilidades hídricas.



Os resultados apresentados são similares aos apresentados na literatura, onde plantas que não passaram por estresse hídrico apresentaram maiores alturas se comparadas as plantas que passaram por algum tipo de estresse hídrico. Terra et al. (2013) estudaram a tolerância da cultura do arroz de terras altas quando submetida a estresse hídrico, no qual foi observado uma redução de mais de 10% na altura das plantas submetidas ao tratamento com estresse hídrico.

O estresse hídrico influencia diretamente na altura da planta, devido que a planta na falta de água redireciona o recurso disponível para o desenvolvimento do sistema radicular. O déficit hídrico causa diminuição no processo de expansão celular, causando uma redução da área foliar no intuito de diminuir a perda de água para o ambiente e conservar o restante no solo (TAIZ et al., 2017).

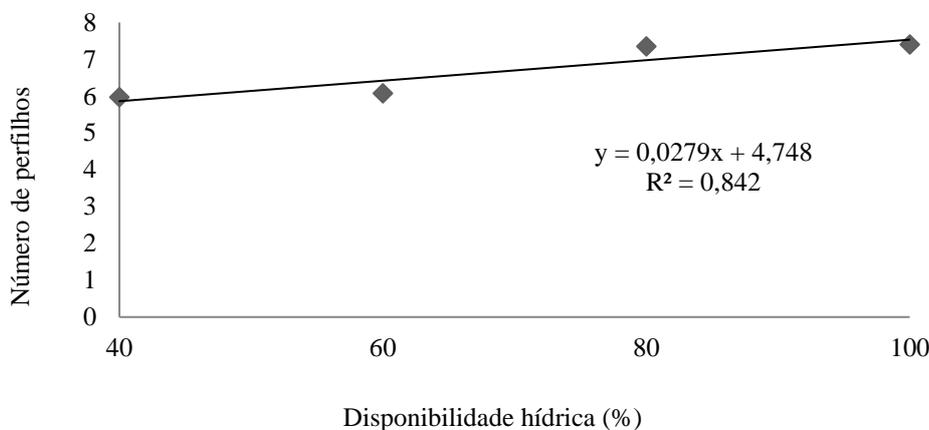
Goes et al. (2016), trabalhando com arroz de terras altas, e utilizando como fatores, a inoculação, o manejo de água e adubação nitrogenada, assim como nesse presente trabalho não encontraram interação significativa entre os fatores em relação à altura de plantas. Contudo, o efeito isolado do manejo de água teve efeito significativo e positivo, aumentando 7,2 cm na altura de plantas quando comparado ao tratamento que a planta sofria algum tipo de estresse hídrico.

Peres et al. (2018) realizou um trabalho utilizando a cultivar de arroz BRS Esmeralda, e 3 disponibilidades hídricas (irrigação com a lâmina recomendada para o arroz + precipitação; irrigação com a lâmina de 75% da recomendada + precipitação; e sem irrigação + precipitação) e 4 fontes de fontes de nitrogênio. Apesar de não ter encontrado interação significativa entre os dois fatores, tanto no primeiro ano como no segundo ano de experimento, a lâmina de água recomendada para o arroz (289 mm e 159mm, respectivamente) apresentaram a maior altura de plantas, alcançando 86,83 e 123,92 cm respectivamente. Essa diferença de altura foi atribuída devido a variação na fertilidade do solo entre os dois anos estudados.

## NÚMERO DE PERFILHOS

Para o número de perfilhos, a variável apresentou efeito significativo para as disponibilidades hídricas, no qual o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o modelo linear. A disponibilidade hídrica que apresentou maior valor foi com 100% da capacidade do vaso, com 7,5 perfilhos (Figura 3).

Figura 3 - Número de perfilhos de plantas de arroz de terras altas em função da inoculação com *A. brasilense* e disponibilidades hídricas.



A redução do número de perfilho conforme diminui a quantidade de água está atribuída a necessidade da planta em diminuir a área foliar, evitando a perda d'água através da respiração, aumentando a senescência das folhas e causando aborto de perfilhos. Terra et al. (2013) ao avaliar a tolerância de linhagens de arroz de terras altas ao estresse hídrico, utilizando os tratamentos com e sem estresse hídrico, mostraram que houve diferença significativa em todas as linhagens de arroz para a variável número de perfilhos, sendo que o tratamento sem estresse hídrico contribuiu com um aumento de quase 100% em algumas linhagens de arroz.

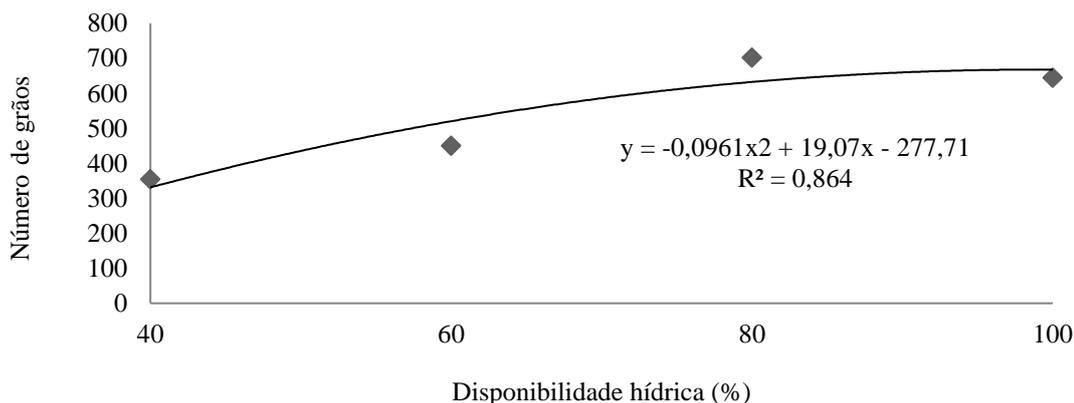
Santos et al. (2012) ao estudarem 3 cultivares de trigo submetidas a dois manejos de irrigação (sem e com déficit hídrico), mostraram que quando as plantas não sofrem algum tipo de estresse hídrico, o número de perfilhos é significativamente maior. E ao utilizar o manejo próximo a capacidade de campo apresentou o melhor resultado, média de 11,38 perfilhos por planta.

Bonfim-Silva et al. (2014), estudou o desenvolvimento de capim-convert HD364 submetido a diferentes disponibilidades hídricas (20, 40, 60, 80, 100 e 120% da capacidade máxima de retenção de água no solo). O número de perfilhos teve ajuste ao modelo quadrático, onde o maior número de perfilhos foi encontrado na disponibilidade hídrica de 92% da capacidade de campo, totalizando um incremento de 56% em relação a disponibilidade de 20%.

## NÚMERO DE GRÃOS

Para a variável número de grãos ajustou-se o modelo quadrático de regressão. A disponibilidade hídrica que obteve maior número de grãos foi 99% da capacidade do vaso, apresentando 668 grãos (Figura 4).

Figura 4 - Número de grãos de plantas de arroz de terras altas em função da inoculação com *A. brasilense* e disponibilidades hídricas.



Em pesquisa realizada por Guimarães et al. (2011), foi observado que as plantas de arroz reagem ao estresse hídrico reduzindo sua altura, a produção de biomassa e atraso no desenvolvimento reprodutivo. Isso explica o fato das plantas que receberam 40% de disponibilidade hídrica, apresentaram menor quantidade de grãos. Fong et al. (2016) também observaram redução no número de grãos na cultivar de arroz Koshihikari, quando cultivados de forma aeróbia, em relação a irrigação por inundação contínua.

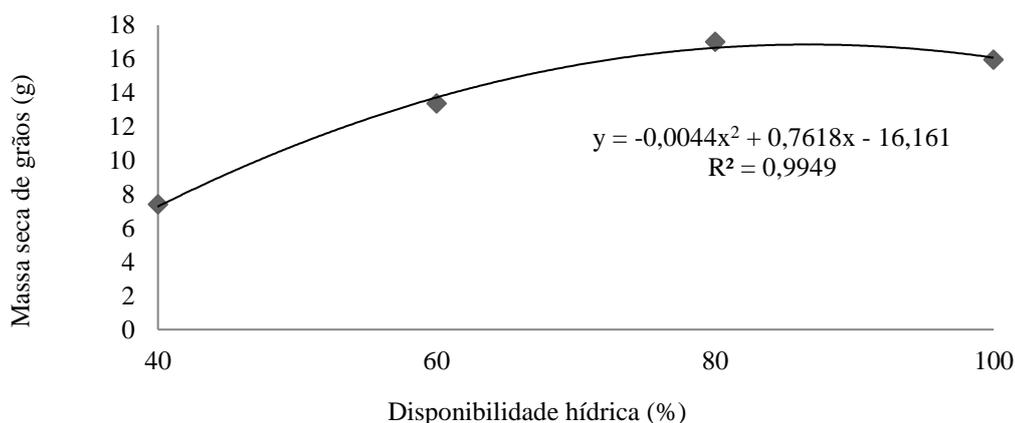
Nunes et al. (2012) estudando aspectos produtivos de linhagens de arroz de terras altas, mostrou que houve uma diminuição entre 60 e 90% da produção de grãos quando submetidas ao déficit hídrico, devido a correlação negativa que o estresse da seca ocasiona nos componentes de produção.

Segundo Faroq et al. (2011) o déficit hídrico na fase de formação das panículas e na floração pode ocasionar esterilidade das espiguetas, por causa da diminuição de água na panícula, o que pode acarretar em menor número de grãos. Neste trabalho, foi observado que para os tratamentos com menor número de grãos, havia menor quantidade de água aplicada.

## MASSA SECA DE GRÃOS

Para a análise da massa seca de grãos, foi observado efeito significativo apenas para as disponibilidades hídricas, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão. A disponibilidade hídrica que apresentou maior peso seco de grãos foi de 87% da capacidade do vaso, com peso seco de 16,8 g (Figura 5).

Figura 5 – Massa seca de grãos de plantas de arroz de terras altas em função da inoculação com *A. brasilense* e disponibilidades hídricas.



De acordo com a curva de regressão na Figura 5, os tratamentos que receberam 40% de disponibilidade hídrica apresentaram peso de grãos muito abaixo dos demais tratamentos, onde essa disponibilidade hídrica apresentou peso de 7,2 g. Comparando-se ao tratamento que obteve maior peso seco de grãos, de 16,8 g, essa disponibilidade hídrica de 40% da capacidade do vaso, apresentou apenas 42,8% do peso de grãos máximo encontrado. Isso se dá porque o déficit hídrico na fase de enchimento dos grãos e na definição da casca faz com que haja redução no peso dos grãos (SOARES, 2012).

Em estudo realizado por Koetz et al. (2016) utilizando 5 níveis diferentes de reposição de água (50, 75, 100, 125 e 150% da capacidade de campo) em plantas de arroz, mostraram que a variável massa seca de grãos se ajustou ao modelo quadrático de regressão. A maior produção encontrada foi na reposição de água de 150% da capacidade de campo, e assim como nesse presente trabalho, níveis baixos de reposição de água apresentaram baixa ou quase nenhuma massa de grãos. Segundo Lafitte et al. (2006) a cultura do arroz sob estresse hídrico diminuiu o rendimento devido a redução da fertilidade das espiguetas, assim como a taxa de panícula fértil e da massa de grãos.

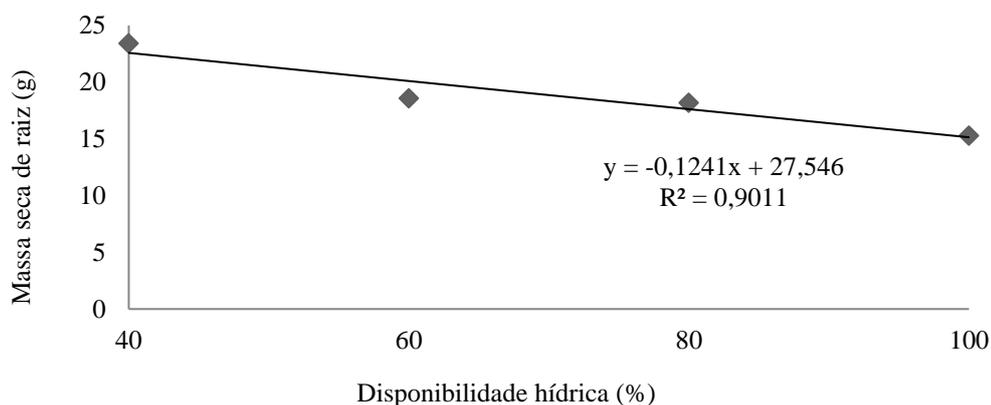
Oliveira et al. (2016) estudando a influência das tensões de água no solo (0, 15, 30, 45 e 60 KPa) no desenvolvimento e rendimento do arroz, mostraram uma queda na produção de grãos sob situações de déficit e excesso de água, alcançando o melhor resultado próximo a capacidade de campo. Isso ocorre porque em situações de estresse hídrico a absorção de macronutrientes é reduzida influenciando diretamente na formação dos grãos.

No trabalho conduzido por Baldani et al. (2000) foram observados pelos autores que não houve diferença significativa entre os tratamentos, no aumento da produção dos grãos na cultura do arroz. Como pode ser observado neste trabalho, os tratamentos nitrogenados e os tratamentos inoculados não apresentaram diferença significativa.

### MASSA SECA DE RAIZ

A variável massa seca de raiz apresentou efeito significativo isolado para disponibilidades hídricas, no qual o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o modelo linear (Figura 6). Logo, a disponibilidade hídrica que apresentou maior peso de raiz foi a de 40%, com peso seco de raiz de 22,5 g.

Figura 6 – Massa seca de raiz de plantas de arroz de terras altas em função da inoculação com *A. brasilense* e disponibilidades hídricas.



Considerando que a reta de regressão linear obtida foi decrescente, pode-se relatar que quanto menor a disponibilidade hídrica, maior a tamanho das raízes, no intuito de encontrar água em camadas mais profundas no solo. Silva et al. (2020) estudando a resposta de cultivares de *Brachiaria brizantha* em diferentes disponibilidades de água no solo, relataram em suas pesquisas que as plantas quando sofrem estresse hídrico,

começam a investir mais recursos no desenvolvimento de raiz do que no desenvolvimento da parte aérea, para diminuir os impactos causados pela falta de água.

Diferente dos resultados encontrados nesse trabalho, Li et al. (2017) estudando o desenvolvimento de raízes de arroz, fazendo comparações entre o sistema de produção tradicional e em casa de vegetação utilizando diferentes disponibilidade hídricas, mostraram que os tratamentos utilizando o solo saturado e a capacidade de campo em estufa não tiveram diferença significativa em relação ao sistema de produção tradicional para a variável massa seca de raiz, justificando que o conteúdo de água no solo não é o principal fator limitante de desenvolvimento da raiz.

#### 4 CONCLUSÃO

As plantas de arroz da cultivar BRS esmeralda apresentaram melhor desenvolvimento quando submetidas a disponibilidade hídrica de 80%.

As estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *A. brasilense* (inoculante comercial) supriram parte da demanda de nitrogênio requerido pelas plantas de arroz, 75% em relação ao adubo nitrogenado.

## REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agro meteorológico**. Disponível em: ><http://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/como-seadequar.html> <. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.
- BALDANI, V. L. D. et al. Inoculation of rice plants with the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia* spp. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, p.485-491, 2000.
- BONFIM-SILVA E. M. et al. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180-186, abr.-jun., 2011.
- BONFIM-SILVA, E. M. et al. Desenvolvimento e produção de capim-convert HD364 submetido ao estresse hídrico. **Revista Agro@Mambiente on-Line**, v. 8, n. 1, p. 134, 2014.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.7 - Safra 2019/20, n. 6 - Sexto levantamento, março de 2020.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Desenvolvimento radicular e aéreo, nutrição e eficiência de absorção de macronutrientes e zinco por cultivares de arroz de terras altas afetadas pela adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2061–2076, 2013.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (BRASIL). **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 5 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 355p.
- FAROQ, M. et al. Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. **Soil & Tillage Research**, v.111, n. 1, p. 87-98, 2011.
- FERNANDES, A. L. et al. Produção de massa seca , volume radicular e eficiência nutricional de fósforo em *Brachiaria brizantha* cv . Marandu e Massai ( *Panicum maximum* x *P . infestum* ). **Revista PesquisAgro** v. 2, p. 32–49, 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- FONG, J. D. M. et al. Assessment of the influence of water management on yield component and morphological behavior of rice at post-heading stage. **Paddy and water environment**, v. 14, n. 1, p. 211-220, 2016.
- GALEANO, R. M. S.; CAMPELO, A. P. S.; MACKERT, A.; BRASIL, M. S. Desenvolvimento inicial e quantificação de proteínas do milho após inoculação com novas estirpes de *Azospirillum brasilense*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 2, p. 95-99, abr./jun. 2019.
- GARCIA, Nayara F. S. et al. Doses and application methods of *Azospirillum brasilense* in irrigated upland rice. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 990-995, nov. 2016.

Garé, L. M. et al. Influência do thidiazuron e da inoculação com *Azospirillum brasilense* no crescimento e produtividade do arroz de terras altas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.11, p.326-339, 2017.

GOES, R. J. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense*, manejo de água e adubação nitrogenada no arroz de terras altas. **Revista Agrarian**, v. 9, p. 254–262, 2016.

GUIMARÃES, C. M. et al. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 126-134, 2011.

HEINRICH, R. et al. *Azospirillum* inoculation of “Marandu” palisade grass seeds: Effects on forage production and nutritional status. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 465–478, 2020.

KOETZ, M. et al. Efeito de níveis de reposição de água no solo na cultura do arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.10, nº.5, p. 943 - 951, 2016.

LAFITTE, H. R. et al. Improvement of rice drought tolerance through backcross breeding: evaluation of donors and selection in drought nurseries, **Field Crops Research**. v. 97, p. 77-86, 2006.

LI, S. et al. Characterizing roots and water uptake in a ground cover rice production system. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, p. 1–18, 2017.

MARQUES, D. M. et al. *Azospirillum brasilense* favors morphophysiological characteristics and nutrient accumulation in maize cultivated under two water regimes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 19, e1152, 2020.

MATSUNAKA, T. et al. Prediction of Grain Protein Content in Winter Wheat Trough Leaf Color Measurements Using a Chlorophyll Meter. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.43, p.127-134, 1997.

MIGUEL, P.S.B. et al. Bactérias endofíticas: Colonização, benefícios e identificação. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 8777-8791 jan. 2021.

NUNES, T. V. et al. Aspectos produtivos de linhagens de arroz de terras altas sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 51–57, 2012.

NUNES, R. S. G. **Isolamento e inoculação de bactérias diazotróficas e promotoras de crescimento em arroz irrigado**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2013.

OLIVEIRA, J. R. et al. Silicon fertilization and soil water tensions on rice development and yield. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 138–143, 2016.

OSORIO FILHO, B. D. et al. Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 478–485, 2016.

PERES, A. R. et al. Effect of irrigation , rainfed conditions and nitrogen sources on

newly released upland rice cultivar ( BRS Esmeralda ) with greater tolerance to drought stress. **Australian Journal of Crop Science** v. 12, n. 07, p. 1072–1081, 2018.

SANTOS, D. et al. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.8, p.836–842, 2012.

SILVA, P. L. . et al. Estoques de carbono e retenção hídrica em biomassa de gramíneas no agreste da paraíba. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 13, n. 2, p. 373426, 2019.

SILVA, T. R. C. et al. Yield Component Responses of the Brachiaria brizantha Forage Grass to Soil Water Availability in the Brazilian Cerrado. **Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 13, 2020.

SOARES, A. A. **Cultura do arroz**. 3. ed. Rev. Lavras: UFLA, 2012. 119 p.

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/XXXII**. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Farroupilha, RS: SOSBAI, 2018. 209p.

Taiz, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**,6 ed., 858p. Porto Alegre-RS, 2017.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.