

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNESP - CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JOSÉ VINÍCIUS TAMBORELI RODRIGUES

**DOSES DE NITROGÊNIO E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Nitrospirillum*
amazonense E *Bacillus subtilis* EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO
POR ASPERSÃO**

Ilha Solteira – SP

Junho de 2024

JOSÉ VINÍCIUS TAMBORELI RODRIGUES

**DOSES DE NITROGÊNIO E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Nitrospirillum*
amazonense E *Bacillus subtilis* EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO
POR ASPERSÃO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP) “Júlio de
Mesquita Filho”, Ilha Solteira – SP,
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Ilha Solteira – SP

Junho de 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

R696d Rodrigues, José Vinícius Tamboreli.
Doses de nitrogênio e aplicação foliar de *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis* em arroz de terras altas irrigado por aspersão / José Vinícius Tamboreli Rodrigues. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
38 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Orivaldo Arf

Inclui bibliografia

1. *Oryza sativa* L.. 2. Adubação nitrogenada. 3. Bactérias diazotróficas.

Elaborado por Raiane da Silva Santos - CRB - 8/9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

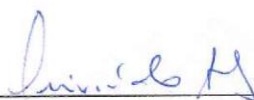
TÍTULO: Doses de nitrogênio e aplicação foliar de *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis* em arroz de terras altas irrigado por aspersão.

ALUNO: JOSÉ VINICIUS TAMBORELI RODRIGUES - RA: 191051365

ORIENTADOR: Orivaldo Arf

Aprovado (X) Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 10,0 (dez)

Comissão Examinadora:

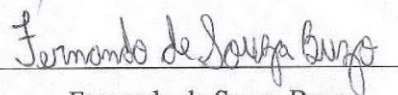


Orivaldo Arf

(orientador)



Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues



Fernando de Souza Buzo

(doutorando em Agronomia)



José Vinicius Tamboreli Rodrigues

Aluno

Ilha Solteira (SP), 24 de junho de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico esse presente trabalho a toda minha família, em especial ao meu pai José Mariano Rodrigues, a minha mãe Marlene Aparecida Tamboreli Rodrigues, ao meu irmão José Eduardo Tamboreli Rodrigues, a minha namorada Barbara Nairim Ceriani de Luna, ao meu padrinho João Tamboreli, a minha madrinha Célia Aparecida Rúbio Tamboreli e minha avó Ida Monzani Tamboreli. Também aproveito para dedicar as pessoas que já vieram a falecer, em especial ao meu avô Nelson Tamboreli e minha avó Maria Bispo Rodrigues.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu quero agradecer a Deus por ter me dado o maior dom que é a vida, por toda a proteção que ele me oferece e pelo discernimento para ir atrás dos meus objetivos.

Quero agradecer meus pais José Mariano Rodrigues e Marlene Aparecida Tamboreli Rodrigues e também ao meu irmão José Eduardo Tamboreli Rodrigues, que são fundamentais desde sempre na minha vida, me dando todo o suporte possível e impossível para que eu possa realizar meus sonhos, acreditando no meu potencial desde o início.

Também quero agradecer minha namorada Barbara Nairim Ceriani de Luna, que é essencial em minha vida, sempre sendo minha parceira, minha companheira, me apoiando, me dando carinho, amor, afeto, transformando meus dias mais difíceis em algo muito melhor. Me auxiliou na maioria das análises decorrentes desse experimento.

Venho agradecer em especial ao meu orientador Prof. Dr. Orivaldo Arf, que me concedeu a oportunidade de trabalhar junto com ele e acreditou na minha competência, compartilhando seu vasto conhecimento sobre diversos assuntos, inspirando pessoas e auxiliando no crescimento de cada uma delas.

Quero agradecer a UNESP – FEIS e a Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão de Selvíria - MS e a todos os seus funcionários, que me auxiliaram desde o começo da condução do experimento.

Ao meu amigo e professor Fernando de Souza Buzo, que me auxiliou muito diante de toda a ocorrência desse experimento e de muitos outros, sempre se mantendo de forma acessível para esclarecer dúvidas e auxiliar em muitas questões, além de ser uma excelente referência para obtenção de conhecimento prático e teórico.

A todos os professores que fizeram da minha graduação não só um lugar de ensinamentos acadêmicos, mas também de ensinamentos pessoais que com certeza me fizeram uma pessoa e um profissional muito melhor. Em especial aos professores: Orivaldo Arf, Edson Lazarini, Marcelo Minhoto, Rafael Montanari, Geraldo Papa, Bruno Pavan, João Zoocoler e Jaqueline Carvalho.

As minhas amigas conquistadas dentro e fora da faculdade, especialmente à República em que morei durante minha graduação, Leonardo Hazenfratz da Silva, Otávio

de Souza Cuine, Vinícius Poloni Marçal, Andrey Moraes, Samuel Vidal, João Pedro Machado, Vitor Sanches e Matheus Peracini Xavier do Nascimento.

Ao grupo de estudo de cereais do Departamento de Fitotecnia, o DFTASE (Orientados do prof. Arf), e a todos que aceitaram o convite para banca e tiveram a disponibilidade de comparecer para esse momento mais que especial.

***“Na vida é preciso ter raiz, não âncora. A raiz te alimenta, a âncora te imobiliza”
(Mario Sérgio Cortella, 2019).***

DOSES DE NITROGÊNIO E APLICAÇÃO FOLIAR DE *Nitrospirillum amazonense* E *Bacillus subtilis* EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

José Vinicius Tamboreli Rodrigues¹

Orivaldo Arf²

RESUMO

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) originária dos países da Ásia e amplamente consumida pelo mundo, acabou se tornando uma cultura de alta importância econômica e base da alimentação da maioria das pessoas. Pertence à família Poaceae, sendo uma gramínea de reconhecimento mundial de alto poder nutricional, respectivo ao grupo de plantas C₃O trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do arroz de terras altas irrigado por aspersão, em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, na presença ou ausência de inoculação de *Nitrospirillum amazonenses* e *Bacillus subtilis* em área de Cerrado de baixa altitude. Foi desenvolvido em área experimental na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – Selvíria – MS, que apresenta Latossolo Vermelho Distrófico típico, com altitude de 335 m, precipitação pluvial média anual de 1322 mm e temperatura média anual de 23 °C. A semeadura foi realizada em novembro de 2022, com delineamento experimental de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 3 x 5, com dois fatores: fator inoculação (inoculação de *Bacillus subtilis*, *Nitrospirillum amazonense* ou ausência de ambos) e fator adubação nitrogenada em cobertura (doses de N: 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 5 linhas, com 5 m de comprimento e espaçadas de 0,35 m nas entrelinhas, utilizando o cultivar BRS A502, sendo a colheita feita em duas linhas de cada parcela. Foram analisados os componentes de produção e produtividade, na qual os dados foram analisados por meio do Sisvar. As bactérias analisadas não influenciaram nos componentes de produção, porém, para as doses nitrogenadas obtiveram-se significância nos fatores de N foliar, altura de plantas panículas m⁻² e produtividade, com maiores valores na dose de 120 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L; adubação nitrogenada; bactérias diazotróficas.

¹Graduando no curso de Engenharia Agrônoma na faculdade UNESP/FEIS

²Professor Doutor Orientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

NITROGEN DOSES AND FOLIAGE APPLICATION OF *Nitrospirillum amazonense* AND *Bacillus subtilis* IN ASPERSION-IRRIGATED HIGH LAND RICE

José Vinicius Tamboreli Rodrigues¹

Orivaldo Arf²

ABSTRACT

The crop of rice (*Oryza sativa* L.), which originated in Asian countries and is widely consumed around the world, has become a crop of great economic importance and the basis of most people's diets. It belongs to the Poaceae family and is a world-renowned grass with high nutritional power, belonging to the C₃ group of plants. The objective of this study was to evaluate the productivity of sprinkler-irrigated upland rice as a function of nitrogen doses, in the presence or absence of *Nitrospirillum amazonense* and *Bacillus subtilis* inoculation in a low-altitude Cerrado area. It was developed in an experimental área Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão of UNESP - Selvíria - MS, which has a Typical Dystrophic Red Latosol, with an altitude of 335 m, average annual rainfall of 1322 mm and average annual temperature of 23 °C. Sowing was carried out in November 2022, with a randomized block experimental design, arranged in a 3 x 5 factorial scheme, with two factors: inoculation factor (inoculation of *Bacillus subtilis*, *Nitrospirillum amazonenses* or absence of both) and nitrogen fertilization factor (N doses: 0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹), with four replications. The plots were made up of 5 rows, 5 m long and spaced 0,35 m apart, using the BRS A502 cultivar, and the harvest was carried out on two rows of each plot. The components of production and productivity were analyzed, and the data was analyzed using Sisvar. The bacteria analyzed did not influence the production components, but the nitrogen doses were significant in terms of leaf N, plant height, panicles/m² and productivity, at a dose of 120 kg ha⁻¹.

Keywords: *Oryza sativa* L.; nitrogen fertilization; diazotrophic bacteria.

¹Graduating student in Agronomic Engineering at UNESP/FEIS

²Doctor Professor Advisor, Department of Plant Science, Food Technology and Socioeconomics, UNESP/FEIS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Valores diários de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C), Umidade Relativa (%) e Insolação (h dia ⁻¹) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2023.....	23
Figura 2- Teor de N foliar (g kg ⁻¹) em função das doses de N em cobertura aplicadas no arroz de terras altas.....	26
Figura 3- Altura de plantas em função das doses de N em cobertura aplicadas no arroz de terras altas.....	27
Figura 4- Panículas m ⁻² em função das doses de N em cobertura aplicadas no arroz de terras altas.....	28
Figura 5- Produtividade em função das doses de N aplicadas em cobertura.....	30
Figura 6 - Sistema de irrigação por aspersão compreendendo todo o cultivo, Selvíria – MS, 03/01/2023.....	37
Figura 7 - Pulverizador elétrico de pressão constante, Selvíria – MS, 12/01/2023.....	37
Figura 8 – Aplicação dos microrganismos entre 17:00 e 17:30 horas, em temperatura amena e com pouca incidência de ventos, Selvíria – MS, 12/01/2023.....	38
Figura 9 – Segunda adubação parcelada respeitando as doses nitrogenadas, Selvíria – MS, 26/01/2023.....	38
Figura 10 – Vista geral do experimento, após medição de altura e contagem de panículas por parcela, Selvíria – MS, 14/03/2023.....	39
Figura 11 – Colheita do experimento, Selvíria – MS, 30/03/2023.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise de solo da área experimental da FEPE. Selvíria – MS, 2022.....	21
Tabela 2 - Valores médios de teor de nitrogênio foliar (g kg^{-1}), altura de plantas (cm), panículas m^{-2} , grão cheios, grãos chochos e grãos totais por panícula em cultivar de arroz de terras altas BRS A502, em função de inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2023.....	25
Tabela 3 - Valores médios de massa de 100 grãos (g), massa hectolétrica ($\text{kg}/100\text{L}$) e produtividade (kg ha^{-1}) em cultivar de arroz de terras altas BRS A502, em função de inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2023.....	29
Tabela 4 - Valores médios de rendimento de benefício (%), grãos inteiros (%) e grãos quebrados (%) em cultivar de arroz de terras altas BRS A502, em função de inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2023.....	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Cultura do arroz	17
2.2 Adubação Nitrogenada.....	18
2.3 Fixação biológica de Nitrogênio (FBN)	19
3. METODOLOGIA	21
3.1 Instalação e condução do experimento	21
3.2 Avaliações realizadas.....	23
3.3 Análise estatística.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33
ANEXOS - Fotos no campo	37

1. INTRODUÇÃO

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) pertence à família Poaceae, sendo uma gramínea de reconhecimento mundial e de alto poder nutricional. Consumido preferencialmente de forma íntegra, apenas descascado e polido, o cereal se tornou um dos principais alimentos consumidos diariamente, com seu maior consumo na Ásia e nas américas o destaque é o Brasil (USDA, 2022 *apud* EMBRAPA, 2023).

O arroz de terras altas desempenha um papel significativo na segurança alimentar e na economia brasileira, é fundamental garantir a sustentabilidade da produção desse tipo de cultivo especialmente no Cerrado brasileiro, uma importante região de cultivo (LANNA *et al.*, 2021). Diversos fatores contribuem para o sucesso desse cultivo, incluindo a importância do nitrogênio (N) no ciclo e os efeitos da adubação nitrogenada.

O N é um elemento essencial para as plantas de arroz, afetando diretamente seu crescimento e produtividade. A eficiência na absorção e utilização desse nutriente pode variar entre diferentes cultivares de arroz. A adubação nitrogenada desempenha um papel crucial no fornecimento adequado desse nutriente às plantas de arroz, promovendo um crescimento com maior vigor, desenvolvimento de uma planta mais sadia e aumento na produção de grãos (Fageria *et al.*, 2003 *apud* Cancellier *et al.*, 2022).

Entre os adubos nitrogenados mais utilizados no cultivo de arroz de terras altas está a ureia. A ureia é amplamente empregada devido à sua alta concentração de N (45%) e relativa facilidade de aplicação, sendo um fertilizante granulado. A aplicação correta é essencial para evitar perdas por volatilização e lixiviação, garantindo que as plantas de arroz recebam a quantidade adequada de N para um ótimo desenvolvimento.

Além da adubação nitrogenada convencional, o uso de microrganismos benéficos tem se mostrado promissor no manejo do arroz. O *Nitrospirillum amazonense* é um exemplo de microrganismo que tem sido estudado devido à sua capacidade de fixar N e contribuir para a redução da necessidade de adubação nitrogenada, já o *Bacillus subtilis* também tem sido estudado por seu potencial de biocontrole de doenças do arroz, como a brusone, sendo classificada como bactéria promotora de crescimento (BETTIOL & KIMATI, 1990). Também atuando na solubilização de fósforo e produção de auxinas.

Em suma, a importância do arroz de terras altas na segurança alimentar e na economia brasileira é inegável. O N desempenha um papel crucial no crescimento e na produtividade do

arroz, sendo a adubação nitrogenada um fator-chave nesse processo. Além disso, o uso de microrganismos benéficos, como o *Nitrospirillum amazonense* e o *Bacillus subtilis*, apresentam potencial para otimizar o manejo do arroz, reduzir a dependência de adubação nitrogenada, controlar doenças e promover crescimento. O uso de bactérias diazotróficas estão em consonância com os objetivos de desenvolvimento sustentável geridas pela Organização das Nações Unidas, estando englobadas nos fatores 2 (fome zero e agricultura sustentável) e 12 (consumo e produção responsáveis).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade do arroz de terras altas irrigado por aspersão em função de doses de N em cobertura, na presença ou ausência de inoculação de *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis* em área de Cerrado de baixa altitude.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do arroz

A cultura do arroz tem grandes divergências sobre a sua origem, sendo um grande mistério para pesquisadores que trabalham com essa gramínea. Porém, a teoria mais aceita quanto a sua origem é a que aponta para o continente asiático, mais especificamente a Índia, devido sua vasta gama de variedades e elevado consumo (CORTEVA AGRISCIENSE, 2021).

Segundo a Conab (2024) a cultura do arroz no Brasil, tem uma estimativa de aumento quando se analisa a produção 23/24, compreendendo uma área de 1,544 mil hectares cultivados e com uma produtividade estimada de 6.841 kg ha⁻¹, gerando um aumento na produtividade de 0,88%.

O arroz é uma monocotiledônea classificada como grupo C₃, originalmente com seu desenvolvimento em solos alagados, devido à presença de um componente chamado aerênquima, permitindo que o oxigênio se transloque da atmosfera até a camada da rizosfera, mas atualmente tem-se adaptado muito bem em áreas de sequeiro de terras altas. O seu ciclo é dividido como a maioria das outras plantas, com o desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e maturação, com todo o seu ciclo variando de 90 até 140 dias, dependendo de fatores como clima, cultivar, composição do solo, nutrição, entre outros (EMBRAPA, 2021).

O arroz é cultivado em dois tipos diferentes de ecossistemas no Brasil. O primeiro é composto por várzeas sistematizadas, onde existe uma lâmina de água em quase todo o ciclo do arroz, sendo monitorada e controlada conforme a evapotranspiração do dia; o segundo é cultivado em várzeas úmidas não sistematizadas, onde a água é fornecida principalmente através precipitação (chuva). O cultivo do arroz em ecossistemas de terras altas depende da distribuição pluvial durante o ciclo; alternativamente, pode ser cultivado com aplicação suplementar de água por aspersão (BASF, 2024).

Para Crusciol (1999), a baixa produtividade no arroz de terras altas pode ser explicada pela desigualdade de chuva durante seu ciclo, consequentemente causando períodos de deficiência hídrica. Como se trata de uma planta que é pouco exigente em nutrientes, quando comparado ao milho, o arroz de terras altas servia como cultura para áreas que foram abertas recentemente. Porém, ainda de acordo com o mesmo autor, o aumento da população mundial e a necessidade de se produzir uma quantidade maior de alimentos, estudos e tecnologias

contribuíram para o arroz de terras altas se tornar uma cultura de importância e elevar cada vez mais as áreas cultivadas.

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 a maio (GUIMARÃES *et al.*, 2006).

2.2 Adubação Nitrogenada

Na nutrição mineral de plantas existem elementos que são essenciais, com isso o N se apresenta como destaque dessa lista, devido ser constituinte de molécula de clorofila, proteínas, entre outros (Fageria & Stone, 2003 *apud* FIDELIS, 2012).

Quando se analisa os componentes de produção em um experimento percebe-se que o N influencia positivamente as plantas, pois ele desenvolve múltiplas funções no metabolismo dos seres vegetais (FAGERIA *et al.*, 1982).

Segundo Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) o N é o segundo nutriente mais exigido pela cultura do arroz, diante disso a nutrição desse elemento é de suma importância, visto que além de muito exigido ele também é o mais exportado pelo produto colhido. Na cultura do arroz, além do estímulo ao crescimento do sistema radicular, também atua no perfilhamento e aumenta o número de espiguetas presentes em cada panícula (MALAVOLTA, 1981).

Quando se analisa as fases do ciclo do arroz (vegetativa, reprodutiva e maturação) podemos perceber que o N estabelece influência direta em cada uma delas, visto que na fase vegetativa aumenta o número de perfilhos e dessa forma o número de panículas; na reprodutiva auxilia no aumento de número de espiguetas por panícula e na maturação, além de atuar na fotossíntese mantendo a coloração verde das folhas e aumentando as espiguetas granadas (FAGERIA, 1998).

De acordo com Bredemeier *et al.* (2000), menos de 50% do N que é oriundo da adubação é realmente utilizado pela planta, 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 à adubação nitrogenada é variável, podendo apresentar incremento na produtividade ou não, podendo não ter efeito positivo na planta.

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.

O consumo de N 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). De acordo com os mesmos autores, existem duas épocas críticas, nas quais, o fornecimento de N pode determinar a produtividade da cultura: durante o perfilhamento e o início da diferenciação do primórdio da panícula.

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.

2.3 Fixação biológica de Nitrogênio (FBN)

O N é pouco reativo quando está na forma gasosa na atmosfera, mas algumas espécies de bactérias possuem um complexo enzimático que é denominado nitrogenase, responsável por transformar o N atmosférico em amônia, que é a forma em que a planta assimila esse nutriente para seus processos metabólicos. Essa reação é denominada fixação biológica de nitrogênio, na qual se apresenta como uma das principais formas de fornecimento de N as plantas (NEVES *et al.*, 1998).

A participação da FBN no ciclo biogeoquímico do N é especialmente importante, visto que a ação das bactérias diazotróficas é responsável por cerca de 60% do N anualmente fixado no solo (KIM *et al.*, 1994). Espécies como *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis* são bactérias que podem fixar N e, de muitas outras maneiras, realizar o crescimento das plantas que coloniza fornecendo nutrientes para as plantas (Reis *et al.*, 2020b *apud* PEREIRA, 2021).

Segundo Rekha *et al.* (2018) o *Bacillus subtilis* é uma bactéria promotora de crescimento, sendo importante porque vai gerar um crescimento maior na raiz e seus pelos radiculares também, ou seja, os nutrientes que não são móveis no solo a raiz terá um aumento na sua capacidade de encontrá-los, fazendo com que aumente a absorção de nutrientes e consequente aumento sua área foliar.

Devido ao aumento da população mundial, a agricultura está em crescente desenvolvimento em busca do aumento da produção, visando redução de custos e maior responsabilidade ambiental. Visto isso, a utilização de bactérias diazotróficas vem ganhando espaço no cenário mundial, buscando reduzir o uso de adubos minerais que podem causar contaminação de lençóis freáticos através da perda por lixiviação, além da volatilização fazer com que esse nutriente seja perdido para a atmosfera. Também faz com que haja economia financeira.

3. METODOLOGIA

3.1 Instalação e condução do experimento

O presente trabalho foi conduzido durante o ano agrícola de 22/23, em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Selvíria – MS.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS *et al.*, 2018) com altitude de 335 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1322 mm e temperatura média anual de 23 °C (Alvares, 2013). As características químicas do solo no momento da instalação do experimento podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da análise de solo da área experimental da FEPE. Selvíria – MS, 2022.

S-SO ₄	P ₂ O ₅	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---mg dm ⁻³ ---	g dm ⁻³		CaCl ₂				mmol. dm ⁻³				(%)					mg dm ⁻³
7	18	19	5,4	1,6	21	13	34	0	35,6	62,6	51	0,17	4,7	18	23,4	0,4

Fonte: Laboratório de Fertilidade do solo – UNESP/FEIS.

A semeadura foi realizada no dia 15/12/2022 com o uso de uma semeadora de discos de 5 linhas. Juntamente com a semeadura foi realizada uma adubação nos sulcos com 150 kg ha⁻¹ de 08-28-16+Zn+B, com base na análise de solo citada acima e na recomendação de 2 kg ha⁻¹ de Zn e 1,7 kg ha⁻¹ de B. As fontes utilizadas na adubação citada acima foram: sulfato de zinco e ácido bórico, junto à formulação para fornecer N-P-K. As sementes foram tratadas com Standak Top na dose de 2 mL kg⁻¹, sendo utilizadas 80 kg de sementes ha⁻¹.

Foi feita uma aplicação em pré-emergência do herbicida Herbadox 400, na dose de 1.400 g ha⁻¹ do ingrediente ativo. Além disso, durante a condução da cultura, o controle de plantas daninhas foi feito por meio de capina manual até o fechamento das entrelinhas da cultura, onde o efeito negativo das plantas invasoras não gera mais danos à cultura principal.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados disposto em esquema fatorial 3 x 5, com dois fatores: fator inoculação (inoculação de *Bacillus subtilis*, *Nitrospirillum amazonense* ou ausência de ambos) e fator adubação nitrogenada em cobertura (zero, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 5 linhas, com 5 m de comprimento e espaçadas de 0,35 m nas entrelinhas.

A cultivar utilizada foi o BRS A502, de ciclo médio, tolerante ao acamamento, caracterizado como arroz de terras altas. A semeadura foi realizada de forma mecanizada e as

parcelas delimitadas por estacas (nas dimensões citadas acima). Com a emergência ocorrendo dia 21/12/2022.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada manualmente e de forma parcelada, sendo a primeira aplicação aos 20 dias após a emergência (DAE), por ocasião do perfilhamento, com 30 kg ha^{-1} em todas as parcelas exceto na testemunha e a segunda aplicação por volta dos 40 DAE, por ocasião da diferenciação floral, utilizando a ureia como fonte e fornecendo as quantidades necessárias para completar a dose de cada tratamento. Após cada aplicação, a irrigação por aspersão foi ativada para minimizar as perdas de N por volatilização. O fornecimento de água, quando necessário, veio por meio de um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão (Figura 6), com precipitação média de $3,3 \text{ mm hora}^{-1}$ nos aspersores.

No manejo de água foram utilizados três coeficientes de cultura (K_c), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura (K_c), o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

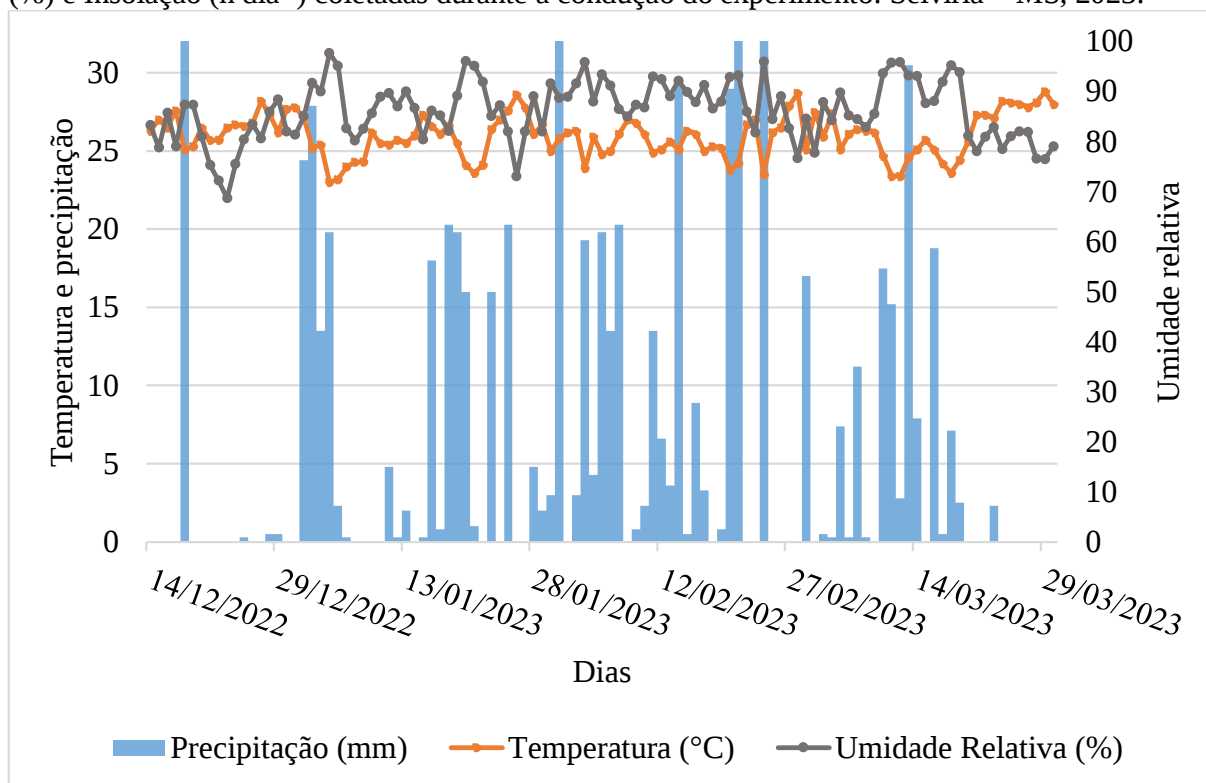
A aplicação de *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis*, aconteceram em dois momentos diferentes, sendo uma por ocasião do perfilhamento (realizada com 21 DAE) e outra próxima da diferenciação floral das plantas (aos 36 DAE), na dose de 200 mL ha^{-1} em cada aplicação do inoculante contendo 1×10^9 UFC da bactéria por mL do produto. Foi utilizado pulverizador elétrico de pressão constante (Figura 7) com bico cônico com vazão de 200 L ha^{-1} . A aplicação realizou-se no horário entre 17:00 e 17:30 horas, em temperatura amena e com pouca incidência de ventos (Figura 8).

Foi realizada uma aplicação de inseticida no dia 15 de março de 2023 devido a uma infestação alta de percevejos na cultura, onde se teve dificuldade em realizar o controle químico no momento adequando devido as chuvas que estavam acontecendo nesse período, dificultando a entrada do pulverizador na área. Dentre os percevejos encontrados, o principal era o percevejo do arroz (*Oebalus poecilus*), sendo aplicado Engéo Pleno S com uma dose de 200 mL ha^{-1} (que é um produto registrado para o controle desse percevejo); também foi aplicado junto o fungicida Nativo com uma dose de $0,75 \text{ L ha}^{-1}$, como uma forma de medida preventiva para doenças em decorrência de ser um ano chuvoso.

A colheita foi realizada dia 30 de março de 2023 por meio de ceifa, com cutelo, das plantas de 2 linhas de 5 m em cada parcela e coleta de 20 panículas para realização dos componentes de produção.

Na Figura 1, observa-se os fatores de temperatura média em °C, umidade relativa média (%) e a precipitação pluvial em mm, durante todo o ciclo do arroz, compreendendo a partir do dia 14 de Dezembro de 2022 à 29 de Março de 2023.

Figura 1- Valores diários de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C), Umidade Relativa (%) e Insolação (h dia⁻¹) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2023.



Fonte: <http://clima.feis.unesp.br/>

3.2 Avaliações realizadas

As análises realizadas durante e após a condução do experimento foram:

- Emergência das plântulas: número de dias transcorridos entre a semeadura e a emergência da maioria das plântulas (ponto de agulhamento);
- Floração: número de dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas das parcelas (o florescimento ocorreu no dia 28/02/2023);
- Maturação: número de dias transcorridos entre a emergência e a maturação de 90% das panículas da parcela;

- Altura de plantas (cm): no estágio de grãos na forma pastosa foi determinada em 3 plantas ao acaso, na área útil de cada parcela, a distância média compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula (dia 14/03/2023);
- Acamamento: determinado na maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas;
- Análise de N: coletou-se 20 folhas bandeira em cada parcela (07/03/2023) e após a secagem em estufa e moagem em moinho tipo Willey, realizou-se a determinação em laboratório;
- Número de panículas por metro quadrado: contagem do número de panículas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado;
- Número de grãos granados por panícula: contagem do número de grãos granados de 20 panículas após separação dos mesmos através de fluxo de ar;
- Massa de 100 grãos: avaliada pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela (13% base úmida);
- Produtividade de grãos: pesagem dos grãos provenientes das duas linhas centrais das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo para kg ha^{-1} ;
- Rendimento de engenho: realizado por uma beneficiadora de amostras, pesando 100 g de arroz com casca, para posteriormente ser beneficiado e separando os grãos inteiros e grãos quebrados.

3.3 Análise estatística

Na análise estatística das variáveis avaliadas os dados foram submetidos a análise de variância (ANAVA). Para verificar o efeito da aplicação dos microrganismos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade e para doses de N fez-se a análise de regressão. Processou-se as análises estatísticas utilizando o programa de análise estatística SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de N foliar foi influenciado pelas doses de N (Tabela 2). Dentre os componentes de produção analisados abaixo, a altura de planta e panículas m^{-2} também obtiveram diferença em relação as doses nitrogenadas, representadas nas equações lineares (Figura 2 e Figura 3, respectivamente).

Tabela 2- Valores médios de teor de nitrogênio foliar (g kg^{-1}), altura de plantas (cm), panículas m^{-2} , grão cheios, grãos chochos e grãos totais por panícula em cultivar de arroz de terras altas BRS A502, em função de inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2023.

Tratamento	N foliar (g kg^{-1})	Altura (cm)	Panícula m^{-2}	Grãos cheios	Grãos chochos	Grãos totais
Bactéria						
Testemunha	31,30	93,46	361,00	78,66	32,99	111,66
<i>Nitrospirillum amazonense</i>	31,18	94,28	328,42	82,61	33,65	116,27
<i>Bacillus subtilis</i>	31,44	94,15	351,85	84,21	32,77	116,98
Nitrogênio (kg ha^{-1})						
0	30,63	92,77	315,71	83,74	33,34	117,08
30	31,29	92,77	323,09	78,68	34,04	112,72
60	30,88	92,80	363,80	76,13	31,46	107,60
90	31,66	95,05	366,90	86,78	30,35	117,13
120	32,07	96,41	365,95	83,80	36,50	120,30
TESTE F						
Bactéria	0,22 ^{ns}	0,39 ^{ns}	2,99 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Nitrogênio	2,61*	3,44*	4,11**	1,40 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,48 ^{ns}
B x N	1,04 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Média	31,31	93,96	347,09	81,83	33,14	114,97
CV%	3,99	3,35	12,52	15,46	17,67	12,18

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV% – coeficiente de variação.

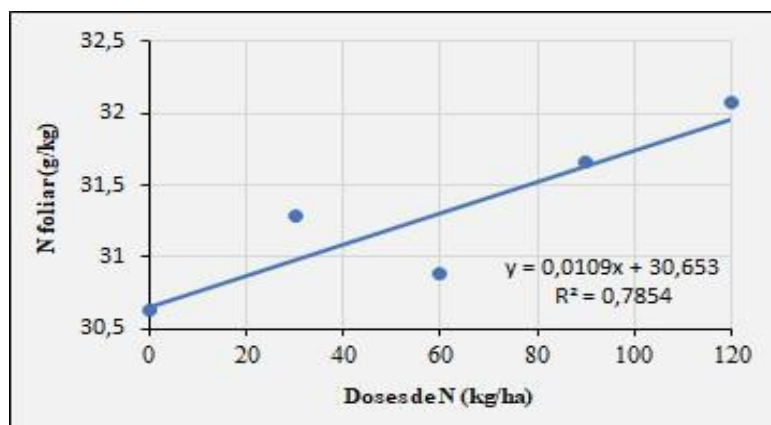
Como pode-se observar, o teor de N foliar não obteve significância na utilização dos microrganismos em nenhuma das taxas analisadas. Porém quando analisamos os tratamentos que receberam as diferentes doses de N, percebe-se que obteve um aumento significativo conforme as taxas foram se elevando, ou seja, um aumento linear onde na maior taxa (120 kg ha^{-1}) obteve-se um valor de 32,07 g kg^{-1} de N foliar.

O mesmo foi observado em Cazetta *et al.* (2008), com o aumento da concentração do nutriente em relação ao aumento do N aplicado em ambas as safras no experimento realizado.

Apesar dos tratamentos com as bactérias não terem um valor significativo quando se observa do ponto de vista estatístico, pode-se notar na tabela acima que os valores obtidos através da aplicação de *Nitrospirillum amazonenses* e *Bacillus subtilis*, 31,18 e 31,44 g kg⁻¹ respectivamente, na variável de teor de N foliar, tem-se uma proximidade com o teor de N encontrado na taxa de 90 kg ha⁻¹, que foi de 31,66 g kg⁻¹.

Perante ao resultado significativo em relação as doses nitrogenadas, foi feito um ajuste de equação de regressão linear crescente (Figura 1).

Figura 2- Teor de N foliar (g kg⁻¹) em função das doses de N em cobertura aplicadas no arroz de terras altas.



Fonte: Próprio autor.

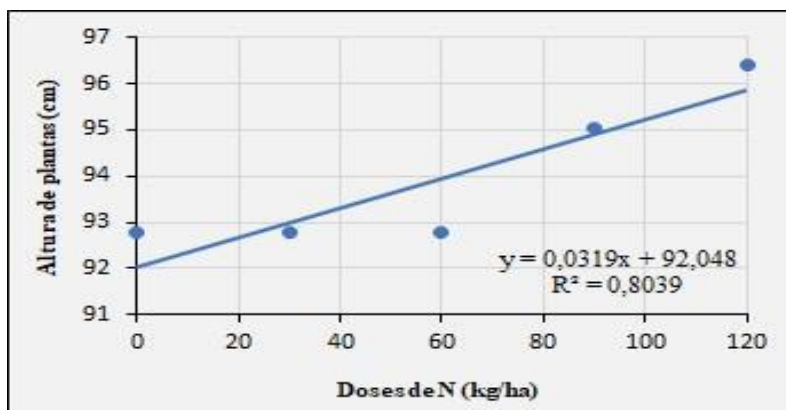
Portanto, o alcance das melhores médias expressas foi na dose de 120 kg ha⁻¹, na qual quando colocados em uma equação de regressão se obteve a equação $y=0,0109x+30,653$ com o R^2 de 0,7854, ou seja, uma equação linear crescente, significando que aumentando a dose de N aplicado, também aumentava simultaneamente o teor de N foliar, um comportamento muito esperado nas doses de N, pois a planta terá mais N disponível no solo para absorver com facilidade.

Mauad *et al.* (2003a) com experimento realizado na UNESP campus de Botucatu – SP, apresentou resultados semelhantes ao encontrado nesse trabalho, visto que o teor de N foliar na folha bandeira aumentou em virtude do acréscimo da disponibilidade de N conforme aumentam-se as doses.

Na altura das plantas, assim como nos demais componentes de produção (grãos cheios, grãos chochos e grãos totais), não se obteve resultados significativos quando se fez a análise do uso de microrganismos, tanto para *Bacillus subtilis* quanto para *Nitrospirillum amazonense*.

No caso das doses nitrogenadas, houve um aumento da altura de plantas conforme foi se aumentando a disponibilidade desse nutriente, ou seja, altura máxima de 96,41 cm na dose máxima de N utilizada (120 kg ha⁻¹)

Figura 3- Altura de plantas em função das doses de N em cobertura aplicadas no arroz de terras altas.



Fonte: Próprio autor.

Dessa forma, o maior alcance obtido foi na dose de 120 kg ha⁻¹, na qual quando colocado em uma equação de regressão obtém-se a equação $y = 0,0319x + 92,048$ com o R^2 de 0,8039, ou seja, uma equação linear de forma crescente, indicando que quanto maior a dose de N que colocamos em cobertura, dentro do intervalo estudado, apresenta-se um melhor desempenho da planta no quesito altura.

Arf *et al.* (2015) em experimento realizado no município de Selvíria – MS, apresentou um comportamento semelhante do arroz ao encontrado no presente trabalho, sendo que na maior dose (120 kg ha⁻¹) ele encontrou a maior altura de plantas.

Mattje *et al.* (2013) na estação experimental de Gurupi, pertencente a Universidade Federal de Tocantins, também constatou que houve aumento de altura de planta quando se tem aumento nas doses nitrogenadas. Porém, alerta que esse aumento não está ligado somente a disponibilidade de N, mas também outros fatores como luminosidade.

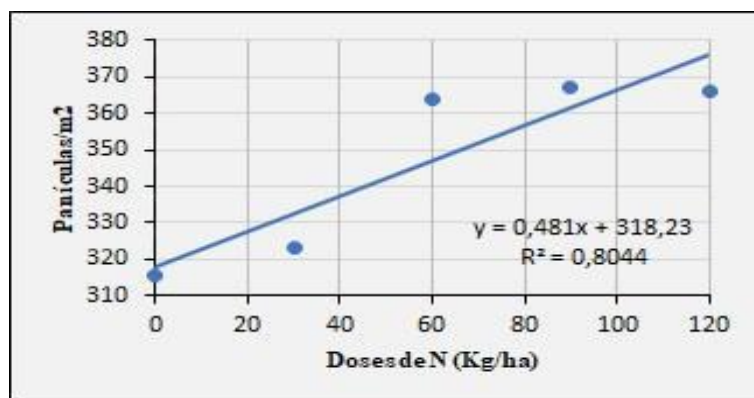
Comportamento esse, compreendido por Arf *et al.* (2005) onde constatou essa diferença significativa em relação a esse componente de produção e também analisando que o N é um dos principais fatores limitantes no crescimento.

Esse resultado decorre do fato que o N, do ponto de vista fisiológico, faz parte de muitos processos do metabolismo da planta, sendo um deles a participação na molécula de clorofila (PEREIRA *et al.*, 2020), esse fator junto com outros de clima e luminosidade em valores ideais para a cultura, tem-se um aumento de fotoassimilados e consequentemente um maior crescimento do arroz.

As panículas m^{-2} apresentou uma média de 347,09, onde mesmo os tratamentos com as bactérias não obtendo diferenças, quando olhamos em valores absolutos podemos notar que os que tiveram a presença do *Bacillus subtilis* apresentou valor acima da média geral, sendo de 351,85 (quant./m^2).

Como analisado nos parâmetros já mencionados anteriormente, os tratamentos de doses nitrogenada apresentaram diferença nos valores envolvendo o número de panículas/ m^2 .

Figura 4- Panículas m^{-2} em função das doses de N em cobertura aplicadas no arroz de terras altas.



Fonte: Próprio autor.

Portanto, o alcance das melhores médias expressas foi nas maiores doses, na qual quando colocados em uma equação de regressão se obteve a equação $y=0,481x+318,23$ com o R^2 de 0,8044, ou seja, uma equação linear crescente até a dose de 120 kg ha^{-1} , significando que aumentando a dose de N aplicado, também aumentava simultaneamente o número de panículas m^{-2} .

Hernandes *et al.* (2010) também verificou tal comportamento, associando as maiores taxas de N ao aumento do número de panículas, sendo que o menor valor se encontra nos tratamentos que não receberam doses de N. Mauad *et al.* (2003b) observaram incremento do número de panículas m^{-2} com a aplicação de doses crescentes de N (5, 75 e $150 \text{ mg de N kg}^{-1}$ de solo), no cultivar IAC 202.

Pereira *et al.* (2020) também notou esse aumento conforme aumentam-se as doses, informando que tal fator pode estar relacionado com o número de perfilhos que são gerados com a maior disponibilidade desse nutriente essencial.

Para o total de grãos por panícula não houve diferença em função dos tratamentos, nem com a inoculação com as bactérias e nem com as doses de N em cobertura, tendo uma média de 114,97 g de grãos por panícula; desse total 81,83 g eram grãos cheios, não obtendo efeito dos tratamentos utilizados. Da mesma forma, os grãos chochos tiveram uma média de

33,14 g por panículas e também não foi observado influência perante as doses de N e as bactérias inoculadas.

Desse modo, nesse experimento, os tratamentos não aumentaram a quantidade de grãos por panícula da planta de arroz e também, não ajudaram na contribuição em diminuir a quantidade de grãos chochos e aumentar a quantidade de grãos cheios.

Resultados semelhantes foram observados em Ferrari *et al.* (2017) na região experimental de Registro - SP, testando o cultivar IAC 202 com regulador de crescimento e diferentes doses nitrogenadas, que não obtiveram diferença em relação aos grãos cheios e chochos perante as taxas de N oferecidos.

Em experimento conduzido por Correa (2021) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – FEIS localizada em Selvíria – MS, também não foram obtidos resultados significativos em relação aos componentes grãos cheios, chochos e grãos por panículas, visto que no experimento citado, ocorreu a aplicação de bacillus via semente

Tabela 3 - Valores médios de massa de 100 grãos (g), massa hectolétrica (kg/100L) e produtividade (kg ha⁻¹) em cultivar de arroz de terras altas BRS A502, em função de inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2023.

Tratamento	Massa 100 grãos (g)	Massa hectolétrica (kg/100 L)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Bactéria			
Testemunha	2,01	51,67	4.490
<i>Nitrospirillum amazonense</i>	2,04	52,22	4.421
<i>Bacillus subtilis</i>	2,06	52,32	4.631
Nitrogênio (kg ha⁻¹)			
0	2,18	52,87	4.169
30	1,96	52,20	4.391
60	1,91	52,56	4.458
90	2,06	52,28	4.644
120	2,07	50,44	4.908
TESTE F			
Bactéria	0,17 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,87 ^{ns}
Nitrogênio	1,57 ^{ns}	1,85 ^{ns}	3,51 ^{**}
B x N	0,34 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,88 ^{ns}
Média	2,04	52,07	4.514
CV%	14,39	4,63	11,38

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV% – coeficiente de variação.

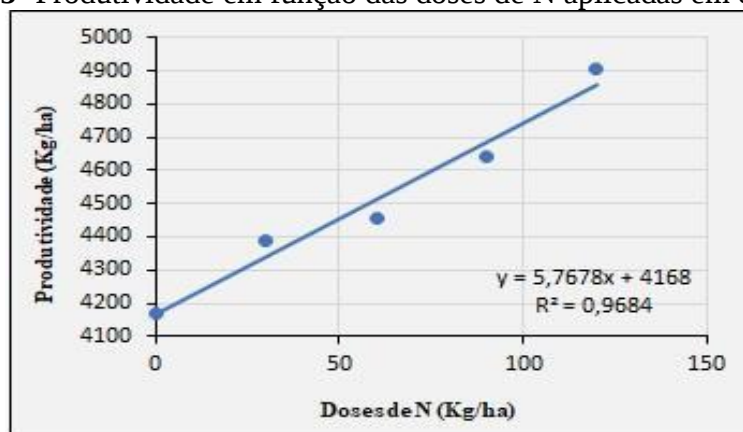
A inoculação de *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis* não influenciou a massa de 100 grãos e nem a massa hectolétrica, do modo em que as médias gerais ficaram em 2,04 e 52,07 g, respectivamente. Do mesmo modo em que as doses nitrogenadas, dentro do intervalo estudado, também não resultaram em diferença em nenhum dos dois parâmetros citados anteriormente, visto que na maior dose obteve-se o menor resultado, 50,44 g.

Resultados semelhantes foram comprovados por Hernandez *et al.* (2010) com um experimento realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, localizada em Selvíria – MS, onde vários fatores apresentaram diferença em relação as doses nitrogenadas, exceto a massa de 100 grãos. Farinelli *et al.* (2004) também obteve diferença em relação as doses nitrogenadas para esse parâmetro analisado.

A inoculação de *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis* não resultaram em diferença na produtividade em relação ao tratamento testemunha, de modo em que a média geral da produtividade do experimento ficou em 4.514 kg ha⁻¹.

Por outro lado, as doses de N utilizadas em cobertura influenciaram a produtividade da cultura, com ajuste de uma equação linear de regressão com R² de 96,84%. Com isso percebe-se que quanto maior a dose de N aplicada, dentro do intervalo estudado, maior a produtividade do arroz.

Figura 5- Produtividade em função das doses de N aplicadas em cobertura.



Fonte: Próprio autor.

Portanto, o alcance das melhores médias expressas foi na dose de 120 kg ha⁻¹, na qual quando colocados em uma equação de regressão se obteve a equação $y = 5,7678x + 4168$ com o R² de 0,9684, ou seja, uma equação linear crescente, significando que aumentando a dose de N aplicado, aumentou-se a produtividade do arroz.

Da mesma forma, GITTI *et al.* (2012), utilizou doses de N na cultura do arroz, na região de Selvíria-MS, encontrou um comportamento crescente na produtividade em função

das doses de N. Esse aumento de produtividade em função do aumento do N fornecido já era esperado, visto que o N é um elemento essencial para o metabolismo de crescimento das plantas, encontrando-se na composição de várias biomoléculas, como clorofila, enzimas, ATP, entre outras (MIFLIN & LEA, 1976; HARPER, 1994 *apud* Bredemeier, 2000).

Hernandes *et al.* (2010) observou que a maior produtividade ficou na dose de 120 kg ha⁻¹, confirmando os dados apresentados no presente trabalho. Hernandez *et al.* (2010) também analisaram e constataram que valores acima de 122 kg ha⁻¹ diminuíram a produtividade na cultura do arroz, trazendo uma resposta negativa. Um dos motivos para o aumento da produtividade decorre que as doses de N aumentaram o número de panículas m⁻², dessa maneira quanto mais panícula mais grãos e consequentemente maior produtividade.

Por mais que a produtividade apresentou diferenças significativas e valores médios altos, houve uma infestação severa de percevejos no período de enchimento dos grãos nas panículas, o que contribuiu para a diminuição da produtividade geral do experimento e menores resultados no rendimento de grãos, prejudicando a qualidade dos grãos.

Tabela 4 - Valores médios de rendimento de benefício (%), grãos inteiros (%) e grãos quebrados (%) em cultivar de arroz de terras altas BRS A502, em função de inoculação com bactérias promotoras de crescimento e doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2023.

Tratamento	Rendimento de benefício (%)	Inteiros (%)	Quebrados (%)
Bactéria			
Testemunha	70,86	56,71	14,03
<i>Nitrospirillum amazonense</i>	70,82	56,40	14,50
<i>Bacillus subtilis</i>	71,60	56,94	14,59
Nitrogênio (kg ha⁻¹)			
0	72,38	59,14	13,15
30	70,43	54,64	15,97
60	71,58	57,79	13,83
90	71,86	56,97	14,77
120	69,22	54,87	14,17
TESTE F			
Bactéria	0,37 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,26 ^{ns}
Nitrogênio	1,84 ^{ns}	2,02 ^{ns}	2,00 ^{ns}
B x N	1,01 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,90 ^{ns}
Média	71,09	56,68	14,38
CV%	4,55	8,29	18,12

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% respectivamente. CV% – coeficiente de variação.

Para o rendimento de engenho não houve diferença em função dos tratamentos, nem quando analisamos a inoculação com as duas bactérias e nem quando foram usadas as doses nitrogenadas, tendo uma média de 71,09%; desse total 56,68 % eram grãos inteiros, não obtendo efeito dos tratamentos utilizados. Do mesmo modo, os grãos quebrados tiveram uma média de 14,38 % e também não acometeram resultados significativos aos parâmetros de bactérias inoculadas e doses de N.

Dessa forma, os tratamentos indicados na tabela, não auxiliaram para promover um aumento no rendimento de engenho e também não tiveram funcionalidade em aumentar a média de grão inteiros e diminuir a média dos grãos quebrados.

Comportamento semelhante foi verificado por Moura (2011) onde as doses nitrogenadas não geraram efeitos significativos. Cazetta *et al.* (2008) avaliaram o rendimento de engenho do cultivar IAC 202 em função de coberturas vegetais e da aplicação de doses de seis doses de N, indo de 0 à 125 kg ha⁻¹, em cobertura e também não obtiveram resultados significativos nesse componente analisado.

5. CONCLUSÃO

As doses nitrogenadas tiveram influência positiva sobre alguns parâmetros analisados, como N foliar, altura de plantas, panículas/m² e produtividade, onde os melhores valores foram encontrados nas doses mais alta, ou seja, 120 kg ha⁻¹.

A inoculação de *Nitrospirillum amazonense* e *Bacillus subtilis* não apresentaram diferenças em relação ao tratamento não inoculado.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARF, Orivaldo et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio na produção de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 215-223, 2005.
- ARF, Orivaldo et al. Espaçamento e adubação nitrogenada afetando o desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto. **Revista Ceres**, v. 62, n. 5, p. 475-482, 2015.
- BARRIGOSSO, JAF et al. Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar. 2021.
- BASF. **Conteúdos de Agricultura. Brasil: BASF, 2024.** Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivos-e-sementes/arroz/cultivo-de-arroz-br.html>. Acesso em: 02 de Julho de 2024.
- BETTIOL, W.; KIMATI, H. **Efeito de *Bacillus subtilis* sobre *Pyricularia oryzae* agente causal da brusone do arroz.** EMBRAPA, 1990.
- 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, Christian; MUNDSTOCK, Claudio Mario. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.
- Cancellier, E. L. ., Barros, H. B. ., Kischel, E. ., Gonzaga, L. A. de M. ., Brandão, D. R. ., & Fidelis, R. R. . Eficiência agronômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, 6(4), 650-656. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i4a1420>, (2022).
- CAZETTA, D. A., ARF, O., BUZETTI, S., SÁ, M. E. D., & RODRIGUES, R. A. F. (2008). 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*, 67, 471-479.

CONAB, 2024. **Portal de informações agropecuárias.** Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>>. Acesso em: 04 de Maio de 2024

CORREA, J. B. (2021). Efeito da aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis* em arroz de terras altas irrigado por aspersão.

CORTEVA AGRISCIENSE, 2021. **A história do arroz: o cultivo do grão que já ultrapassa mais de 7 mil anos de história.** Disponível em: <<https://www.corteva.com.br/coeficiente-agro/linha-arroz-blog/corteva-historia-do-arroz.html>>. Acesso em: 17 de Abril de 2024.

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.

EMBRAPA, 2023. **Cultivo do arroz: importância econômica e social.** Disponível em : <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/socioeconomia/importancia-economica-e-social#:~:text=Aproximadamente%2090%25%20de%20todo%20o,popula%C3%A7%C3%A3o%20asi%C3%A1tica%20a%20maior%20consumidora>>. Acesso em: 11 de Abril de 2024.

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

FARINELLI, R., PENARIOL, F. G., FORNASIERI FILHO, D., & BORDIN, L. (2004). Características agrônomicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 447-454.

FERRARI, S., NAKAYAMA, F. T., & FERRARI, J. V. (2017). Uso de regulador de crescimento e doses de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade de arroz de terras altas. *Revista Científica ANAP Brasil*, 10(19).

FIDELIS, Rodrigo Ribeiro et al. Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, p. 124-128, 2012.

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

GITTI, Douglas de Castilho et al. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. *Bragantia*, v. 71, p. 509-517, 2012.

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.

HERNANDES, A., BUZETTI, S., ANDREOTTI, M., ARF, O., & SÁ, M. E. D. (2010). Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. *Ciência e Agrotecnologia*, 34, 307-312.

KIM, J.; REES, D. C. *Nitrogenase and biological nitrogen fixation*. *Biochemistry*, New York, v. 33, p. 389-397, 1994.

LANNA, A. C.; FERREIRA, C. M. & DE FILIPPI, M. C. C. **Importância do silício para a sustentabilidade da produção de arroz de terras altas no Cerrado brasileiro**. Embrapa, Comunicado Técnico, 259, 2021.

MATTJE, V. M., FIDELIS, R. R., AGUIAR, R. D. S., BRANDÃO, D. R., & SANTOS, M. D. (2013). *Evaluation of rice cultivars contrasting in doses of nitrogen in soils of irrigated lowland*. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4(2), 126-133.

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., 2003a.

MAUAD, M., GRASSI FILHO, H., CRUSCIOL, C. A. C., & CORRÊA, J. C. (2003b). Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 867-873.

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

MOURA, RENATA DA SILVA. Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum* brasilense e doses de nitrogênio em arroz terras altas. 2011. 59 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2011.

NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Ecologia das bactérias diazotróficas nos solos tropicais. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. Ecologia microbiana. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, p.15-60.1998.

PEREIRA, Erinaldo Gomes et al. O metabolismo de nitrogênio em plantas de arroz é severamente afetado pela deficiência de cálcio e magnésio. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 15351-15362, 2020.

PEREIRA, Victor Henrique; ROSA-MAGRI, Márcia Maria. Compatibilidade entre a bactéria diazotrófica *Nitrospirillum* amazonense e vinhaça: alternativa para a nutrição de cana-de-açúcar. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, v. 11, n. 1, p. 8-8, 2021.

PEREIRA, M. M. A., CORDEIRO, A. C. C., SMIDERLE, O. J., DE MEDEIROS, R. D., & DE SOUZA, L. T. (2020). Doses e manejo de aplicação de nitrogênio para o cultivo de arroz com grãos para culinária japonesa em várzea de Roraima.

REKHA, K.; KUMAR, R. M.; ILANGO, K.; REX, A.; USHA B. *Transcriptome profiling of rice roots in early response to Bacillus subtilis (RR4) colonization*. **Botany**, v. 96, n. 11, pág. 749-765, 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO, J. F. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

ANEXOS - FOTOS NO CAMPO

Figura 6 - Sistema de irrigação por aspersão compreendendo todo o cultivo, Selvíria – MS, 03/01/2023.



Fonte: Próprio autor.

Figura 7 - Pulverizador elétrico de pressão constante, Selvíria – MS, 12/01/2023.



Fonte: Próprio autor.

Figura 8 – Aplicação dos microrganismos entre 17:00 e 17:30 horas, em temperatura amena e com pouca incidência de ventos, Selvíria – MS, 12/01/2023.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9 – Segunda adubação parcelada respeitando as doses nitrogenadas, Selvíria – MS, 26/01/2023.



Fonte: Próprio autor.

Figura 10 – Vista geral do experimento, após medição de altura e contagem de panículas por parcela, Selvíria – MS, 14/03/2023.



Fonte: Próprio autor.

Figura 11 – Colheita do experimento, Selvíria – MS, 30/03/2023.

