

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE EM CACHOEIRA DO SUL – RS
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

GIOVANI LUCIANO WRASSE

**RESPOSTAS DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO À INOCULAÇÃO
E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

CACHOEIRA DO SUL - RS

2023

GIOVANI LUCIANO WRASSE

**RESPOSTAS DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO À INOCULAÇÃO E
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Agronomia da Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul Unidade em Cachoeira
do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Alberto E. Knies

CACHOEIRA DO SUL - RS

2023

Catálogo de Publicação na Fonte

W941r Wrasse, Giovani Luciano.

Respostas da cultura do arroz irrigado à inoculação e adubação nitrogenada. / Giovani Luciano Wrasse. – Cachoeira do Sul, 2023.

48 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bacharelado em Agronomia, Unidade em Cachoeira do Sul, 2023.

1. *Azospirillum brasilense*. 2. *Pseudomonas fluorescens*. 3. bactérias diazotróficas. I. Knies, Alberto Eduardo. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Nídila Alonso Guimarães CRB 10/1903.

GIOVANI LUCIANO WRASSE

**RESPOSTAS DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO À INOCULAÇÃO E
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Trabalho de Conclusão apresentado como
requisito parcial para obtenção de título de
Bacharel em Agronomia na Universidade
Estadual do Rio Grande do Sul.

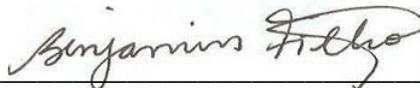
Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

Aprovada em: 30/ 06 / 2023

BANCA EXAMINADORA:



Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul



Prof. Dr. Benjamin Dias Osorio Filho
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul



Eng. Agr. Pedro Trevisan Hamann
IRGA – Coordenador Regional CRDC - Cachoeira do Sul



Eng^a. Agr^a. Débora da Cunha Mostardeiro Pontelli
IRGA – Técnica Superior Orizicola - 37^o NATE Agudo

RESPOSTAS DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO À INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Estudante: Giovani Luciano Wrasse

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

RESUMO

O arroz é um dos alimentos mais antigos cultivados pelo homem, sendo o segundo cereal mais produzido no mundo e, atualmente, cerca da metade da população mundial o tem como base na alimentação. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito na cultura do arroz irrigado da inoculação das sementes combinada com a utilização de diferentes quantidades de N em cobertura. Um experimento a campo foi conduzido no município de Agudo- RS, na safra 2022/23, em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema bifatorial com três repetições, onde o fator A foi composto pela inoculação das sementes (não inoculado/testemunha, inoculação com *Azospirillum brasilense* e, inoculação com *Azospirillum brasilense*+*Pseudomonas fluorescens*) e, o fator D por quantidades de N em cobertura (0, 35, 70, 100 e 130% da dose recomendada). Foram avaliadas a altura das plantas, o volume radicular, o número de panículas por m², o percentual de grãos inteiros, o percentual de grãos corridos e a produtividade de grãos. Os resultados apontaram que a inoculação das sementes da cultura do arroz irrigado com *Azospirillumbrasilense* proporcionou aumento médio de 8,20% na produtividade de grãos e, a inoculação com *Azospirillumbrasilense* + *Pseudomonas fluorescens* resultou em incremento médio de 12,55 % na produtividade de grãos. Concluiu-se que a inoculação das sementes apresenta-se como uma excelente alternativa para aumentar a produtividade de grãos e, também, diminuir a dependência da fertilização nitrogenada em cobertura, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica do cultivo.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*; *Pseudomonas fluorescens*; bactérias diazotróficas.

IRRIGATED RICE CULTURE RESPONSES TO INOCULATION AND NITROGEN FERTILIZATION

Student: Giovani Luciano Wrasse

Advisor: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

ABSTRACT

Rice is one of the oldest foods cultivated by man, being the second most produced cereal in the world and, currently, about half of the world's population has it as a staple food. Therefore, the present work aims to evaluate the effect of inoculation of seeds combined with the use of different amounts of N in coverage on irrigated rice. A field experiment was carried out in the municipality of Agudo - RS, in the 2022/23 season, in a randomized block experimental design, in a bifactorial scheme with three replications, where factor A was composed of seed inoculation (non-inoculated/control, inoculation with *Azospirillum brasilense* and, inoculation with *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*) and factor D by amounts of N in coverage (0, 35, 70, 100 and 130% of the recommended dose). Plant height, root volume, number of panicles per m², percentage of whole grains, percentage of run grains and grain yield were evaluated. The results showed that the inoculation of irrigated rice seeds with *Azospirillum brasilense* provided an average increase of 8.20% in grain productivity, and the inoculation with *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* resulted in an average increase of 12.55% in the productivity of grains. It was concluded that seed inoculation is an excellent alternative to increase grain productivity and also to reduce dependence on nitrogen fertilization in top dressing, contributing to the environmental and economic sustainability of the crop.

Keywords: *Azospirillum brasilense*; *Pseudomonas fluorescens*; diazotrophic bacteria.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 ORIGEM DO ARROZ	8
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO ARROZ	9
2.3 PRODUÇÃO NO MERCADO DE ARROZ	10
2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ARROZ	12
2.5 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN)	14
2.6 INOCULAÇÃO DE <i>Azospirillum brasilense</i> EM ARROZ	15
2.7 INOCULAÇÃO DE <i>Pseudomonas fluorescens</i> EM ARROZ	15
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 LOCAL DO ESTUDO	18
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS UTILIZADOS	19
4.4 SEMEADURA E MANEJO DA CULTURA DO ARROZ	23
4.5 AVALIAÇÕES A CAMPO DO EXPERIMENTO	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	41
ANEXOS	45
ANEXO A - EMBALAGEM DOS INOCULANTES COMERCIAIS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO	45
ANEXO B - ESPECIFICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DO INOCULANTE A BASE DE <i>Azospirillum brasilense</i>	45
ANEXO C - ESPECIFICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DO INOCULANTE A BASE DE <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>	46

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos alimentos mais antigos cultivados pelo homem. Teve sua origem no continente asiático e através das navegações foi espalhado pelos territórios (PEREIRA, 2002). Atualmente, cerca da metade da população mundial o tem como base na alimentação, sendo o segundo cereal mais produzido no mundo (IRRI, 2021).

A produção mundial de cerca de 756,5 milhões de toneladas de grãos em casca corresponde a 29% do total de grãos usados na alimentação humana. Sua importância destaca-se em países em desenvolvimento, como o Brasil, exercendo papel estratégico nos aspectos econômicos e sociais (SOSBAI, 2018).

No Brasil, a produção, em sua maior parte, está disposta na Região Sul do país, onde o Estado do Rio Grande do Sul atualmente é o maior produtor, responsável por 68% da produção nacional. O sistema de produção predominante é de irrigação por inundação, viabilizado pela topografia plana e pela difícil drenagem. O clima favorável, aliado aos fertilizantes empregados, principalmente os nitrogenados, garantem elevado potencial produtivo (CONAB, 2015).

A agricultura brasileira vem cada vez mais se desenvolvendo apoiada na utilização de técnicas modernas de plantio e colheita, através de sistemas de rotação de cultura, uso de controle de plantas daninhas, genótipos melhorados, semeadura conforme o zoneamento agroclimático, desempenhando com isso maiores ganhos de produtividade e competitividade no mercado externo (SPANCERSKI, 2021). Segundo Rohrig (2021) a previsão da produtividade de arroz contribui: na correção da fertilidade do solo, no planejamento da safra subsequente, nas operações de pós-colheita, no planejamento da aquisição dos insumos e na contratação da mão de obra.

Em vista disso, os programas de pesquisa em melhoramento genético de arroz irrigado conduzidos no Brasil, visam desenvolver genótipos capazes de alcançar altas produtividades, com tolerância e resistência a pragas e doenças, além de toxidades há alguns elementos químicos presentes no solo (MAGALHÃES JÚNIOR, 2004).

Mas para expressar seu potencial, esses genótipos de arroz demandam grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados, que contribuem para a contaminação do solo e mananciais de água por nitratos (CHAITREUIL et al., 2000).

Além do mais, os fertilizantes nitrogenados apresentam alto custo, visto que a fixação industrial do Nitrogênio (N_2) tem alto consumo energético, que por meio do processo de Haber-Bosch, utiliza temperaturas em torno de 200 °C e pressões de 200 atm (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Embora, presente na atmosfera em aproximadamente 78% da constituição gasosa, o nitrogênio é encontrado na forma molecular N_2 , não absorvível pelas plantas, devido à tripla ligação que existe entre os dois átomos do N, que é uma das mais fortes de que se tem conhecimento na natureza (REIS et al., 2006). A maioria das plantas absorve o nitrogênio do solo sob a forma de íon nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). Contudo, as bactérias diazotrófica sendo fíticas têm demonstrado grande contribuição para a nutrição da planta, tanto por meio da fixação biológica de nitrogênio atmosférico, como da produção de fito-hormônios que atuam no sistema radicular das plantas, resultando em melhor absorção de minerais e água, conforme tem-se relatado (DOBBELAERE et al., 2003).

A grande importância da fixação biológica do N em gramíneas está relacionada à maior facilidade de aproveitamento de água das mesmas em relação às leguminosas, devido a maior efetividade fotossintética. As gramíneas apresentam um sistema radicular fasciculado, que é uma vantagem em relação ao sistema pivotante das leguminosas para aproveitamento de água e nutrientes do solo (DÖBEREINER, 1992).

Por sua vez, os inoculantes são substâncias que contêm microrganismos com atuação favorável ao desenvolvimento vegetal, capaz de promover a fixação biológica de nitrogênio, contribuindo com quantidades adicionais de nitrogênio para as plantas e para a produção de fito-hormônios (auxinas, citocininas e giberilinas), responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes (SOSBAI, 2018).

Deste modo, Fancelli (2010) relata que no Brasil, a inoculação de sementes com bactérias diazotróficas pode gerar ao agricultor uma economia de 30 a 50 $Kg.ha^{-1}$ de nitrogênio na forma de adubo mineral. Este trabalho fundamentou-se na necessidade de novas descobertas e importância da inoculação de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* e *Azospirillum* + *Pseudomonas* em arroz irrigado, contribuindo para a diminuição da adubação nitrogenada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa*) é pertence à família Poaceae, com caules ocos, flores da cor verde e aquênios especializados (BORTOLINI et al., 2015). Está classificada no grupo de plantas com sistema fotossintético C3, e habilidade de adaptação ao ambiente aquático. Essa adaptação é devida à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, que possibilita a passagem de oxigênio do ar para a rizosfera (SOSBAI, 2018).

O arroz é uma herbácea que apresenta ramificações secundárias nas panículas, espiguetas persistentes no pedicelo e lígulas com até 10 mm de comprimento. O sistema radicular da planta é constituído por numerosas raízes fibrosas, longas e finas que permitem sua rápida fixação no solo. De modo geral, o desenvolvimento do arroz ocorre em três etapas: fase vegetativa, que é o período compreendido entre a germinação da semente e a iniciação da panícula; fase reprodutiva, que compreende da iniciação da panícula ao florescimento, normalmente, requer 35 dias em condições tropicais; e fase de maturação que ocorre do florescimento à maturação dos grãos, durando de 30 a 35 dias, com estádios fenológicos distintos (BORÉM; RANGEL, 2015).

Considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento, tanto do ponto de vista social quanto econômico, constitui-se alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas, principalmente para população de baixa renda (KENNDY; BURLIGAME, 2003).

Essa cultura se caracteriza como sendo um dos principais alimentos consumidos pela população mundial, com destaque dominante nos países em desenvolvimento, tais como o Brasil, tendo papel importante em níveis sociais e econômicos (WALTER, 2009).

Um dos alimentos com melhor balanço nutricional, que se adapta às diferentes condições de solo e clima é o arroz, sendo a espécie de maior potencial para o controle da fome no mundo (AZAMBUJA et al., 2004).

O arroz é uma espécie hidrófila, cujo processo evolutivo tem levado a sua adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas. É também a cultura com maior potencial para aumento de produção e, possivelmente, de combate a fome no

mundo (SANTOS, 2016). O arroz (*Oryza sativa* L.) é vital para a segurança alimentar de grande parte da população do mundo e está entre os três cereais, internacionalmente, mais produzidos e consumidos, figurando atrás apenas do trigo e do milho (PARAGINSKI et al., 2014).

No Brasil foi introduzido por Portugal no início da colonização, com cultivo em território nacional após 1530, na capitania de São Vicente, tornando-se essencial nas práticas alimentares e indispensável nos lares, acompanhando desde preparações simples até as mais sofisticadas. Inicialmente, o arroz era cultivado como agricultura de subsistência, destacando-se na região Nordeste. No século XX surgiu a primeira lavoura empresarial no Rio Grande do Sul, município de Pelotas, sendo que a partir de 1912, a cultura do cereal iniciou grande desenvolvimento devido à presença de veículos, movidos a vapor, facilitando a irrigação das lavouras e sua dispersão para outras regiões (CONAB, 2015; PEREIRA, 2002).

O ciclo vegetativo do arroz alagado vai de 80 a 140 dias dependendo da cultivar. A cultura abrange mais de 161 milhões de hectares no mundo e sua produção gira em torno de 756,5 milhões de toneladas de grão em casca. O Brasil, tem destaque por ser o maior produtor fora do continente asiático, ocupando a nona colocação na produção mundial (SOSBAI, 2018).

A cultura do arroz possui grande importância no cenário nacional devido ao seu uso como fonte de carboidratos pela população brasileira, ao volume de produção e à área cultivada (GOES et al., 2016).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO ARROZ

A Ásia é responsável por cerca de 90% da produção mundial do arroz. Em contraponto, no continente americano, o Brasil se destaca como maior produtor. A orizicultura desempenha papel importante dentro da cadeia alimentar, sendo a principal fonte energética dentre os grãos, junto com o feijão é o alimento do dia-a-dia da população brasileira, mas o arroz também constitui a base da alimentação para mais de 50% da população mundial (FAO, 2006).

Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social. Cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas, sendo que mais de

75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. É alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e, segundo estimativas, até 2050, haverá uma demanda para atender ao dobro desta população (NUNES, 2020).

O arroz (*Oryza sativa* L.) pode ser cultivado em praticamente todo o país e consumido em todas as classes sociais além de ser uma das culturas mais importantes do Brasil, sendo responsável por 15% a 20% da produção do grão no Brasil. Portanto, do ponto de vista econômico e social, se destaca por ser base da alimentação brasileira assim fornecendo a população uma grande quantidade de calorias, proteínas e minerais em sua alimentação básica (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2004).

Perdendo apenas para o milho, o arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo. Historicamente, a plantação do arroz desempenha um papel importante ao redor do globo. Isso não apenas do ponto de vista econômico (já que movimenta o comércio nacional e internacional em diferentes países), mas também do ponto de vista social. Afinal, o arroz possui alto valor energético e bom potencial para combater a fome. Rico em carboidratos e fonte de fibras e proteínas, o arroz é consumido em todos os continentes e alimenta mais de 2 bilhões de pessoas todos os dias. Ele serve, portanto, como uma poderosa ferramenta no combate à desnutrição (ROCHA, 2023).

Além do papel econômico, o arroz também é um dos mais importantes grãos em termos sociais. É o alimento de maior importância em muitos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia e Oceania, onde vivem 70% da população total dos países em desenvolvimento e cerca de dois terços da população subnutrida mundial (SILVA *et al*, 2021).

2.3 PRODUÇÃO NO MERCADO DE ARROZ

O mercado mundial arroz possui singularidades em relação a outras commodities. Os maiores produtores do cereal não são necessariamente os maiores exportadores, pois grande parte dos países produzem para abastecimento interno e exportam apenas o excedente.

No ranking dos maiores produtores do cereal, os países da Ásia são responsáveis por cerca de 90% do total, seguido pelos do continente americano com

aproximadamente 4%, africanos com 2%, europeus com 1% e da Oceania com cerca de 0,05%.

Tabela 1. Produção mundial de arroz.

ARROZ – PRODUÇÃO MUNDIAL - Em milhões de ton. (Base Beneficiado) -		
PAÍSES	Ano Comercial 2022/2023	% Produção
China	149	28,9
Índia	130,5	25,4
Bangladesh	36	7,0
Indonésia	34,6	6,7
Vietnã	27,4	5,3
Tailândia	19,8	3,8
Burma	12,5	2,4
Filipinas	12,411	2,4
Paquistão	8,9	1,7
Japão	7,55	1,5
Outros	76,098	14,8
Total	514,759	

Fonte: Safras & Mercado.

A produção mundial de arroz entre os anos de 2002 e 2022 cresceu cerca de 36,14%, enquanto a área colhida subiu apenas 13% e a produtividade foi incrementada em aproximadamente 20,42% (base beneficiado), durante esse mesmo período, o consumo mundial do cereal aumentou em torno de 27,51% e ocorreu um aumento de 77,21% nos estoques finais, ao passo que a quantidade transacionada no comércio internacional passou de 28,67 milhões de toneladas para 54,61 milhões de toneladas (base beneficiado).

Após sete anos de alta, a produção mundial do arroz sofre o primeiro declínio na safra de 2022/23. A estimativa é que a produção terá um recuo de 503 milhões de toneladas. O resultado se dá pelo fato de que 90% da produção global do grão é

exportada pelo continente asiático, principalmente pela China e pela Índia, países que tiveram problemas na safra por questões climáticas, como temporadas de secas e períodos de inundações. O quadro resultou em uma queda na produção desses países (GOMES, 2023).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) projeta que a produção mundial de arroz recuará para 503 milhões de toneladas na safra 2022/23, o primeiro declínio em sete anos. Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), os preços do arroz já subiram 6,2% (ZAMPIERI, 2023).

2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ARROZ

O nitrogênio (N) é um nutriente essencial aos vegetais. Destaca-se pela quantidade elevada em que é requerido e pelas severas limitações provocadas ao crescimento das plantas, quando deficiente, uma vez que é constituinte de proteínas, ácidos nucleicos e muitos outros componentes celulares, incluindo membranas e diversos hormônios vegetais (SOUZA; FERNANDES, 2006).

Trata-se do nutriente mais limitante na maioria dos agroecossistemas, de forma que seu suprimento é fundamental para a obtenção de produtividades elevadas dos cultivos. Na agricultura convencional, comumente utilizam-se fontes minerais sintéticas para garantir o suprimento adequado de N aos solos. No entanto, os fertilizantes minerais apresentam um custo monetário e ambiental elevado (THILAKARATHNAL et al., 2016).

O papel do nitrogênio na produtividade dos grãos está relacionado ao aumento da fotossíntese, que afeta diretamente o perfilhamento, a produção de biomassa e os componentes da produção (número de panículas m², número de grãos por panícula e massa de mil grãos) (LACERDA; NASCENTE, 2021).

De acordo com Meira et al. (2005), a utilização de quantidades cada vez mais elevadas de nitrogênio visando aumentar a produtividade, porém, essas quantidades podem levar a um alto desenvolvimento vegetativo, prejudicando o processo fotossintético, causando ainda acamamento de plantas, maior suscetibilidade da planta ao ataque de fungos, principalmente brusone e conseqüentemente, perdas de produção e qualidade.

A adubação nitrogenada da cultura busca elevar os teores de N mineral no solo, estado em que N pode ser prontamente absorvido pela planta de arroz, que, como resposta ao insumo, tem um aumento no número de perfilhos. Os perfilhos, por sua vez, são componentes do potencial de produtividade, pois refletem em número de panículas por hectare, área foliar, que eleva a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (SILVA, 2019).

Na cultura do arroz, o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade em seu ciclo. Devido a isso, geralmente utilizam-se altas quantidades de nitrogênio para se elevar a produção. Entretanto, uma das conseqüências dessa alta aplicação nas lavouras de arroz é o risco de perdas por volatilização elevando o custo de produção da cultura (KNOBLAUCH, 2011).

O nitrogênio na cultura do arroz é um elemento essencial em todas as fases do ciclo e sua aplicação tem reflexos diretos na produção, já que é responsável pelo aumento da área foliar das plantas e, conseqüentemente, da taxa fotossintética. Com isso todos os fatores de produção são aumentados: nº de panículas por planta em decorrência do maior perfilhamento, nº de grãos por panículas e peso dos grãos (DARIO; DARIO, 2015).

O arroz tem necessidades muito altas de nutrientes e precisa estar disponível a qualquer momento quando necessário, para não limitar a produtividade. O nitrogênio é o nutriente mais acumulado nas plantas de arroz, é um componente da clorofila, que pode aumentar a área foliar das plantas, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa de fotossíntese, aumentando assim a produção de grãos (SCIVITTARO; GONÇALVES, 2009).

Atualmente, visando reduzir as perdas, o manejo do N recomendado para o arroz irrigado consiste em aplicar uma pequena fração da dose na semeadura e o restante, em cobertura, parcelado entre o início do perfilhamento e a iniciação da panícula (SOSBAI, 2018).

Por outro lado, o aumento do custo dos fertilizantes nitrogenados, que impacta diretamente a rentabilidade da orizicultura, e a preocupação com os riscos ambientais advindos do seu uso (lixiviação, escoamento superficial e perdas gasosas desse nutriente como emissões de N₂O) podem ser evitados com a adoção de técnicas eficazes para reduzir o uso de fontes nitrogenadas minerais. Neste contexto, há um interesse crescente pelo uso de inoculantes contendo bactérias que

promovam o crescimento e incrementem a produtividade das plantas (HUNGRIA, 2011).

2.5 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN)

A motivação pela busca de micro-organismos capazes de fixar nitrogênio diretamente da atmosfera vem se ampliando devido ao fato do alto custo de produção ligado a grande perda de nitrogênio para o ambiente e os riscos em sua aplicação, reduzindo assim a poluição de águas, solos e o custo de produção (LADHA et al., 2003).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) não é realizada exclusivamente por bactérias simbióticas, no caso do próprio *Azospirillum*, ele não é simbiótico. Ele é de vida livre ou associativo. Então, os organismos diazotróficos podem ser de vida livre, associativos ou simbióticos. Exemplos de simbióticos são os rizóbios (grupo no qual se inclui *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, entre outros gêneros) que forma nódulos em leguminosas, e as cianobactérias, que fazem simbiose com a *Azolla*. A planta aquática *Azolla* é responsável pela fixação biológica no arroz trazendo para essa cultura benefícios na fixação de N e fornecimento de outros nutrientes, quando esta é degradada (DAMIANI, 2022). Muitas bactérias diazotróficas têm sido isoladas da rizosfera do arroz irrigado, principalmente as endofíticas. As bactérias endofíticas são assim denominadas por colonizarem o interior dos tecidos vegetais e não causarem danos aparentes (GRAY; SMITH, 2005).

A fixação biológica de nitrogênio é um dos mais importantes processos conhecidos na natureza, sendo realizado apenas por organismos procariotos. Estes organismos, chamados diazotróficos, são capazes de reduzir o N_2 atmosférico, tornando-o assimilável para as plantas (REIS et al., 2006).

Os microrganismos conduzem o ciclo do nitrogênio através da fixação do nitrogênio à amônia. Tradicionalmente, a agricultura depende de rotações que exploram o nitrogênio fixado por rizóbios simbióticos em leguminosas, resíduos reciclados e esterco, que a atividade microbiana mineraliza para liberar amônia ou nitrato, sem grandes custos para o meio ambiente (HIRSCH; MAUCLINE, 2015).

2.6 INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* EM ARROZ

As bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* são consideradas rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR) de forma direta ou indireta. A promoção direta envolve a produção de compostos para nutrir as plantas ou facilitar a entrada de certos nutrientes do ambiente para as plantas (KUSS, 2006).

O *Azospirillum brasilense* é uma espécie de bactérias fixadoras de N que promove maior crescimento de parte aérea e de raízes devido à produção de fitormônios (RADWAN et al., 2004).

A Embrapa realizou a avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* em arroz irrigado por inundação em cinco safras agrícolas. A inoculação dessas sementes com *Azospirillum* permitiu reduzir 30 kg de N ha⁻¹, além de proporcionar 67,8% de grãos inteiros e renda média do benefício de 70,5% (GOTTEMS, 2021).

Segundo Steffens (2010), experimentos com inoculação a campo revelaram que o gênero *Azospirillum* sp., além da fixação biológica do nitrogênio, promove ganhos em rendimento e no aumento da superfície da absorção das raízes da planta.

Outro diferencial do inoculante é que ele melhora os índices de clorofila nas folhas, aporta maior produção de biomassa e altura de plantas, resultando em uma lavoura mais sadia e produtiva. No arroz, a fixação biológica do Nitrogênio (N) proporcionada pelo *Azospirillum* supre parte da necessidade da planta, reduzindo o volume necessário de adubação de N mineral para atender as necessidades totais da mesma (BONISSONI, 2021).

2.7 INOCULAÇÃO DE *Pseudomonas fluorescens* EM ARROZ

Na relação “custo-benefício” nas interações associativas entre plantas e microrganismos, somente ocorre incrementos produtivos dessas interações se os benefícios que os microrganismos proporcionarem for maior que o custo metabólico da planta para a manutenção de elevadas populações microbianas (PARTIDA-MARTÍNEZ; HEIL, 2011).

A bactéria *Pseudomonas fluorescens* é comumente encontrada no solo, água e/ou superfície das plantas e são organismos que sobrevivem em matéria morta. É

uma bactéria que precisa de oxigênio, mas algumas cepas podem utilizar nitrato e realizar respiração anaeróbia (na ausência de oxigênio) (BRITO,2022).

Junto com o N, o fósforo (P) é um dos nutrientes mais necessários para a nutrição das plantas, exercendo funções metabólicas estruturais, funcionais e de transferência de energia (Nahas., 1991). A disponibilidade deste nutriente no solo é bastante limitada, havendo a necessidade da aplicação de fertilizantes solúveis para adequado crescimento das plantas (VASSILEVA et al., 1999).

Entretanto, os fertilizantes solúveis, além do alto custo e da grande quantidade requerida, possibilitam que boa parte do P solúvel introduzido reaja com componentes do solo, formando compostos de P pouco disponíveis (VASSILEV et al., 1996).

Uma alternativa ao processamento químico tradicional é o emprego de micro-organismos solubilizadores de fosfato, já que podem aumentar a quantidade de P prontamente disponível para a planta. Estes micro-organismos excretam ácidos orgânicos de baixo peso molecular, que por mecanismos de quelação e reações de troca, aumentam acentuadamente a concentração de P em solução (GERKE, 1992).

Estirpes dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium* estão entre as bactérias mais eficientes na solubilização de P (RODRIGUEZ;FRAGA, 1999).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito na cultura do arroz irrigado da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*, combinada com a aplicação de diferentes quantidades de N em cobertura.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

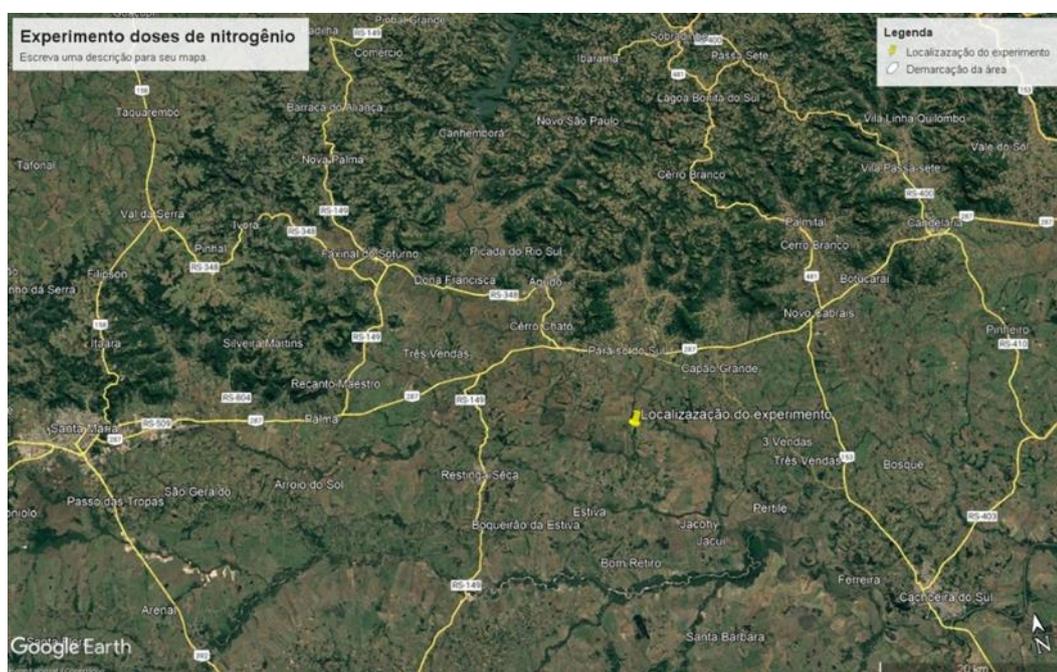
- Analisar a interação da inoculação das sementes com a adubação nitrogenada no desempenho da cultura do arroz irrigado;
- Verificar o efeito da inoculação das sementes e da adubação nitrogenada sobre a altura das plantas, o volume radicular), número de panículas por m², percentual de grãos inteiros e percentual de grãos corridos na cultura do arroz irrigado;
- Avaliar o efeito da inoculação e da adubação nitrogenada na produtividade do arroz irrigado;

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO ESTUDO

Um experimento a campo foi realizado na safra 2022/2023, em uma propriedade particular no município de Agudo, (latitude 29°48'42.04"S, longitude 53°11'40.70"O e altitude 30 metros), localizada na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Na Figura 1 encontra-se a localização da área experimental.

Figura 1. Localização da área experimental no Estado do RS.



Fonte: Google Earth (2023).

Na Figura 2 ilustra-se a localidade da realização do experimento.

Figura 2. Imagem da lavoura onde foi realizada a pesquisa.



Fonte: Google Earth (2023).

O clima do local é classificado como subtropical úmido (tipo Cfa2 na classificação de Köppen). A precipitação média do município é de 1.774 mm ao ano, com temperatura média de 19,5°C.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS UTILIZADOS

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema bifatorial com três repetições, onde o fator A foi composto por inoculação das sementes e o fator D por quantidades de N em cobertura.

No fator inoculação foi avaliada a sua não utilização (testemunha) e a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* e, a inoculação de *Azospirillum brasilense* com a bactéria *Pseudomonas fluorescens*. A inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* foi com estirpes Ab- V5 e Ab- V, produto comercial Azotrop (Anexo A) e, a inoculação da bactéria *Pseudomonas fluorescens* foi com estirpes CCTB03, produto comercial Biofreee (Anexo A).

Para as aplicações de nitrogênio em cobertura foram utilizados 0%, 35%, 70%, 100% e 130% da dose recomendada para a cultura, de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

(CQFS-RS/SC, 2016). Desta forma, o experimento foi consistido de total 15 tratamentos (Tabela 2), os quais estavam subdivididos em 3 repetições em cada parcela (4,00m x 8,50m), totalizando 45 parcelas ao total, como pode-se observar na figura abaixo.

Figura 3. Área do experimento com preparo do solo pronto.



Fonte: Autor (2023).

Tabela 2. Tratamentos utilizados para avaliação do efeito da inoculação e de diferentes quantidades de nitrogênio em cobertura sobre o desenvolvimento da cultura do arroz irrigado.

Tratamento	Quantidades de N em cobertura	Inoculação
T1	0%	Sem inoculação
T2	35%	Sem inoculação
T3	70%	Sem inoculação
T4	100%	Sem inoculação
T5	130%	Sem inoculação
T6	0%	<i>A. brasilense</i>
T7	35%	<i>A. brasilense</i>
T8	70%	<i>A. brasilense</i>
T9	100%	<i>A. brasilense</i>
T10	130%	<i>A. brasilense</i>
T11	0%	<i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>
T12	35%	<i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>
T13	70%	<i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>
T14	100%	<i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>
T15	130%	<i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>

Fonte: Autor (2023).

Os cálculos para determinar as quantidades recomendadas de N à cultura foram elaborados a partir do laudo da análise química de solo, que está apresentada na Figura 4.

Figura 4. Laudo da análise química do solo da área do experimento.



IRGA
Instituto Rio Grandense do Arroz

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ
DIVISÃO DE PESQUISA - ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO ARROZ

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLO
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solo e Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina - ROLAS 2022

SELO DE QUALIDADE

ANÁLISE BÁSICA



2022



LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO

O.S.: 0658/22
Nome: Gilberto Lindolfo Wrasse
CPF/CNPJ: 397.769.130-91
Município: Agudo/RS Loc: Porto Alves

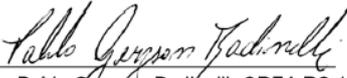
Data de Recebimento: 19/09/2022
Data de Emissão: 27/10/2022

Amostra	Registro	Argila %	pH H ₂ O	Índice SMP	P mg/dm ³	K mg/dm ³	M.O. %	Al cmol _c /dm ³	Ca cmol _c /dm ³	Mg cmol _c /dm ³
1	2945/2022	38	4,9	5,4	9,4	77	2,3	2,01	2,5	1,9

Argila determinada pelo método densímetro. pH em água 1:1. P e K pelo método Mehlich-I. M.O. por digestão úmida. Al, Ca e Mg trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹.

Amostra	Registro	H + Al cmol _c /dm ³	CTC (cmol _c /dm ³)		Saturação (%)			Relações		
			Efetiva	pH 7,0	Al	Bases	K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1	2945/2022	8,6	6,6	13,2	30,2	35,1	1,5	1,3	12,8	9,6

Amostra	Identificação da Amostra	Matrícula do Imóvel	Área (ha)
1	01	--	--



Eng. Agr. M. Sc. Pablo Gerzson Badinelli- CREA.RS 137.472
 Responsável Técnico Laboratório de Solos e Águas EEA/IRGA - Cachoeirinha-RS

Fonte: Autor (2023).

De acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016), quando a expectativa de resposta à adubação é muito alta e a matéria orgânica do solo sendo baixa, ou seja, entre 0 e 2,5% é necessária uma dose de 165 Kg de nitrogênio por hectare, conforme as novas recomendações de adubação para expectativas de resposta a partir das produtividades atuais (Aprovadas pela CTAR/SOSBAI em 2022), como mostra a tabela 3.

Tabela3. Recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado.

Matéria orgânica	Expectativa de resposta					
	Recomendação anterior			Nova recomendação		
	Média	Alta	M. alta	Média	Alta	M. alta
%	Kg N/ha ⁻¹					
0 - 2,5	90	120	150	110	135	165
2,5 - 5,0	80	110	140	100	120	150
>5,0	≤70	≤100	≤130	≤90	≤110	≤135

Em sucessão a leguminosas hibernais com produção de biomassa residual >3,0 t/ha, a dose de nitrogênio pode ser reduzida em 15%, mesmo em área proveniente de cultivo de soja na safra anterior. Em sucessão de gramíneas hibernais, aumentar a dose a aplicar na semeadura até 30 Kg/ha, dependendo da biomassa residual, sem alterar a dose total recomendada.

Fonte: CTAR/SOSBAI (2022).

Logo, para as quantidades de 0%, 35%, 70%, 100% e 130% da recomendação serão respectivamente de 0; 57,7; 115,0; 165,0 e 214,5 Kg N ha⁻¹, o que é equivalente em uréia (45% N), respectivamente: 0,00, 128,33 Kg.ha⁻¹, 256,67 Kg.ha⁻¹, 366,67 Kg.ha⁻¹ e 476,67 Kg.ha⁻¹. Estas dosagens foram divididas em duas aplicações, sendo 2/3 da quantidade total no estágio V3 /V4, isto é, precedendo ou no início do perfilhamento e 1/3 da quantidade aplicada de modo que a planta tenha a seu dispor um ótimo suprimento desse nutriente na iniciação da panícula (estádio R0).

4.3 INOCULAÇÃO DAS SEMENTES

Foi utilizada a cultivar IRGA 431 CL, de ciclo precoce, que possui excelente qualidade de grão, resistente ao acamamento, à toxidez de ferro e a debulha. Além de ser resistente à brusone, é uma cultivar resistente a herbicidas do grupo químico imidazolinonas.

A dose de inoculante foi de 100 ml de *Azospirillum brasilense* para cada 50 kg de sementes, e a dose de 150 mL para o inoculante *Azospirillum brasilense* +

Pseudomonas fluorescens para cada 50 Kg de sementes. As sementes inoculadas repousaram a sombra em média uma hora para maior contato do inoculante com a semente, para que depois ocorresse a semeadura.

4.4 SEMEADURA E MANEJO DA CULTURA DO ARROZ

O preparo do solo foi realizado por meio de gradagens, sendo que a semeadura foi realizada dentro do zoneamento agrícola da região, na data de 28 de novembro de 2022. As sementes inoculadas e não inoculadas foram distribuídas com uma semeadora mecanizada com espaçamento entre linhas de 0,17 m.

Figura 5. Realização da semeadura do experimento.



Fonte: Autor (2023).

No momento da semeadura foi aplicado o fertilizante NPK 03-28-22 na dose de 230 kg.ha⁻¹. Logo após a semeadura foi aplicado cloreto de potássio (KCl) a lanço, na dose de 160 Kg.ha⁻¹. A emergência das plantas ocorreu na data de 06 de dezembro de 2022 e a primeira aplicação de N (2/3 da quantidade total), foi no dia 26 de novembro, momento este que foi dado início a irrigação do experimento, e a segunda aplicação de N (1/3 da quantidade total), ocorreu no dia 24 de janeiro de 2023.

As demais operações como irrigação, tratos culturais, quantidades de nitrogênio e colheita foram realizadas pelo autor do projeto, seguindo as recomendações de SOSBAI (2022).

Figura 6. Entrada da água em V3 e formação de lâmina na irrigação por inundação do experimento.



Fonte: Autor (2023).

4.5 AVALIAÇÕES A CAMPO DO EXPERIMENTO

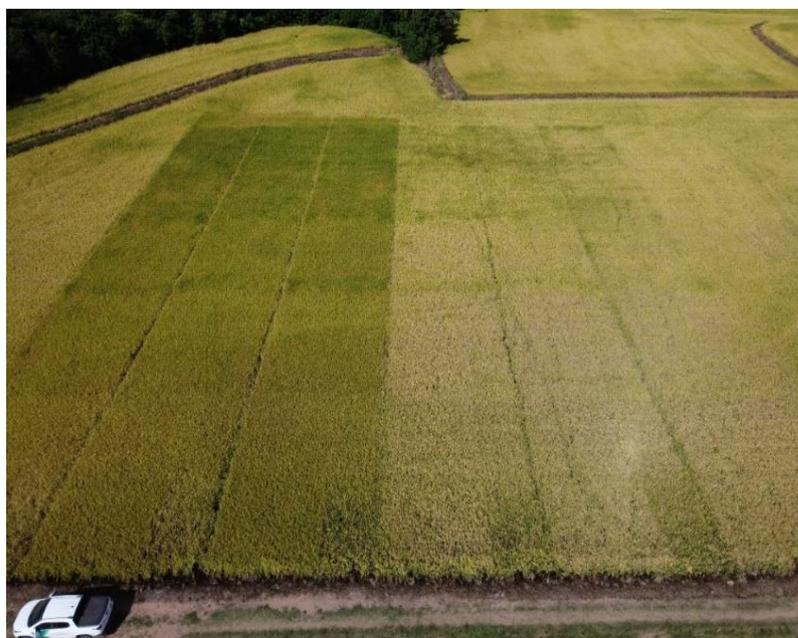
Os parâmetros agrônômicos avaliados foram: a altura das plantas, o volume radicular (mL), número de panículas por m², percentual de grãos inteiros, percentual de grãos corridos e a produtividade de grãos (Kg.ha⁻¹). As primeiras avaliações ocorreram 99 dias após a semeadura (DAS) onde se realizou a coleta de três plantas por parcela para aferir os dados de sistema radicular. Os dados do sistema radicular foram obtidos com auxílio de uma proveta graduada, determinando seu volume em (mL), como é possível observar na figura 7. E, na Figura 8 apresenta-se a visão aérea do local do experimento com as plantas em pleno desenvolvimento.

Figura 7. Avaliação do volume de raízes.



Fonte: Autor (2023).

Figura 8. Visão aérea do experimento com as plantas em pleno desenvolvimento.



Fonte: Hamman (2023).

Aos 133 dias após a semeadura, foi realizada a colheita e trilha manual das parcelas, onde se avaliou número de panículas por m^2 e sua produtividade. Para a

avaliação do rendimento das parcelas do experimento, foram colhidas as plantas em 1,0 m² de cada parcela, que após trilhadas, tiveram seus volumes pesados e medido a unidade de grãos (Figuras 9 e 10).

Figura 9. Colheita das amostras nas parcelas.



Fonte: Autor (2023).

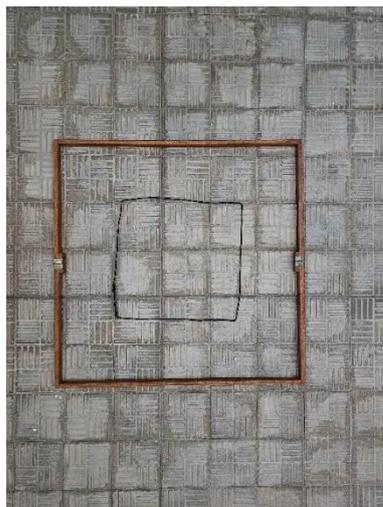
Figura 10. Trilha das amostras das parcelas.



Fonte: Autor (2023).

Após a análise de produtividade se avaliou número de panículas por parcela, com auxílio de um quadrado na medida de 0,50 m x 0,50 m, totalizando 0,25 m², realizando a estimativa multiplicado por quatro para fechar o cálculo por m², conforme mostra as figuras seguintes.

Figura 11: Material utilizado para avaliação da produtividade de grãos (1 m², quadro externo) e do número de panículas por parcela (0,25 m², quadro interno).



Fonte: Autor (2023)

Figura 12: Vista do experimento após coleta das amostras.



Fonte: Autor (2023)

Os dados coletados foram tabulados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística com auxílio do software Sisvar (Ferreira, 2019), realizando-se a análise da variância em nível de 5% de significância e, para o fator “inoculações”

(qualitativo) quando apresentou efeito significativo sobre a variável avaliada foi realizado o Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro e, para o fator “quantidades de N em cobertura” (quantitativo) foi realizada a análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos indicadores estatísticos para as diferentes variáveis analisadas são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Indicadores estatísticos obtidas para as variáveis respostas em função dos fatores avaliados.

Fatores	Variáveis analisadas						
	Alt.	Vol.R.	Pan	GI	GC	UM	Prod.
A	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,91 ^{ns}	0,00*	0,00*
D	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
A x D	0,04*	0,04*	0,00*	0,00*	0,02*	0,00*	0,00*
Rep.	0,04*	0,46 ^{ns}	0,05*	0,64 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,67 ^{ns}
CV (%)	1,90	8,58	0,41	0,97	0,54	2,04	0,61
DMS	1,62	1,19	1,76	0,58	0,35	0,27	48,88

Onde: A: Inoculação das sementes; D: Quantidade de N em cobertura; A x D: Análise da interação dos fatores sobre a variável resposta. * Efeito significativo, quando $Pr < 0,05$. ^{ns}Efeito não significativo, quando $Pr > 0,05$. Rep.: Repetição; CV: Coeficiente de Variação (%); DMS: Diferença Mínima Significativa. Alt.: alturas das plantas; Vol.R.: volume de raízes por planta; Pan: panículas por m²; GI.: grãos inteiros; GC.: grãos corridos; UM.: umidade de grãos e, Prod.: produtividade. Fonte: Autor (2023).

Podemos observar que houve efeito da interação entre os fatores (A x D) analisados, ou seja, interação entre a inoculação das sementes e as quantidades de N aplicadas em cobertura em todas as variáveis analisadas, sendo elas: alturas das plantas, volume de raízes por planta; panículas por m², grãos inteiros, grãos corridos, umidade e produtividade dos grãos. Assim, fica evidente a interrelação entre os fatores inoculação das sementes e as quantidades de N aplicadas em cobertura e sua interferência sobre a resposta das variáveis analisadas.

Pela análise das variáveis (tabela 4), observa-se que todos os tratamentos inoculados com insumos biológicos ocasionaram um incremento significativo nos efeitos de interações entre fatores, o que indica que em geral os dados possuem baixa dispersão e que o experimento foi bem manejado (PIMENTEL-GOMES, 1990).

Foi verificado aumento na altura das plantas com a utilização da inoculação comparado ao tratamento testemunha em todas as quantidades de N aplicadas (tabela 5), destacando-se com as maiores alturas a inoculação de com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, chegando a altura das plantas a 117,33 cm no tratamento na quantidade de 130 % do recomendado de N em cobertura, enquanto que, o tratamento sem inoculação nesta mesma quantidade de N as

plantas apresentaram altura de apenas 109 cm. Meira et al. (2005) afirmam, que quantidades elevadas de adubação de N podem levar a um grande desenvolvimento vegetativo, prejudicando o processo fotossintético, causando ainda acamamento de plantas, maior suscetibilidade da planta ao ataque de fungos, principalmente brusone e, conseqüentemente, perdas de produção e qualidade. No entanto, não foi observado acamamento em nenhum dos tratamentos avaliados (tabela2), nem maior incidência de doenças.

Tabela 5. Altura das plantas (cm) da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.

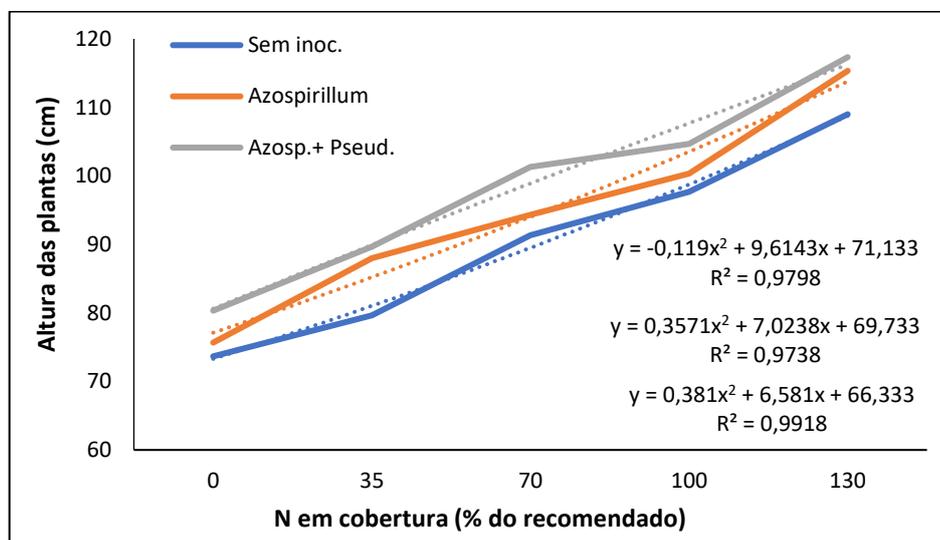
Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% do recomendado)				
	0	35	70	100	130
Sem inoculação	73,67 b*	79,67 b	91,33 b	97,67 b	109,00 b
<i>Azospirillum</i>	75,67 b	88,00 a	94,33 b	100,33 b	115,33 a
<i>Azosp.</i> + <i>Pseud.</i>	80,33 a	89,67 a	101,33 a	104,67 a	117,33 a

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

Observa-se que nas quantidades de 35% e 130% de N (tabela 5), a altura de plantas foram equivalentes tanto na inoculação com *Azospirillum*, quanto em *Azosp.* + *Pseud.* Já em 0% N, 70% e 100% de N em cobertura, a inoculação *Azosp.* + *Pseud.* apresentou diferenciação positiva maior na altura das plantas, sendo superiores aos demais tratamentos.

A variação da altura das plantas da cultura do arroz irrigado em função das diferentes quantidades de N em cobertura e inoculações é apresentada na figura 13. Observa-se que o aumento da quantidade de N em cobertura resultou em incrementos lineares na altura das plantas, independente do uso da inoculação. Também, fica evidente as maiores alturas das plantas com a utilização da inoculação em todas as quantidades de N em cobertura. No estudo de Castro et al. (2008), a altura de planta é influenciada pela disponibilidade de nitrogênio no solo, uma vez que este nutriente participa diretamente da divisão e expansão celular e do processo fotossintético.

Figura 13. Variação da altura das plantas da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.



Fonte: Autor (2023)

O tratamento de inoculação com *Azospirillum* + *Pseudomonas* apresentou o maior volume de raízes (tabela 6), diferenciando estatisticamente do tratamento com inoculação de *Azospirillum*, o que pode indicar uma relação entre volume de raízes e maior absorção de nutrientes das plantas. Conforme Morita; Yamazaki (1993), as condições do solo podem afetar o crescimento e a distribuição das raízes do arroz, onde o aprofundamento das raízes é limitado por fatores como existência de camadas de solo compactadas, textura argilosa, alta densidade de semeadura, altas concentrações de nutrientes próximo à superfície do solo (principalmente de N) e ocorrência de substâncias tóxicas em profundidade.

De acordo com Radwan et al. (2004), o *Azospirillum brasilense* é uma espécie de bactérias fixadoras de N que promove maior crescimento de parte aérea e de raízes devido à produção de fitormônios, o qual justifica-se que em ambas inoculações, nas doses de 35% e 70% de N possuem volumes de raízes semelhantes (tabela 6). Porém, a inoculação *Azosp.* + *Pseud.* apresenta respostas positivas em função das quantidades de N, proporcionando plantas com maior volume radicular e conseqüentemente maior capacidade de absorver nutrientes do solo.

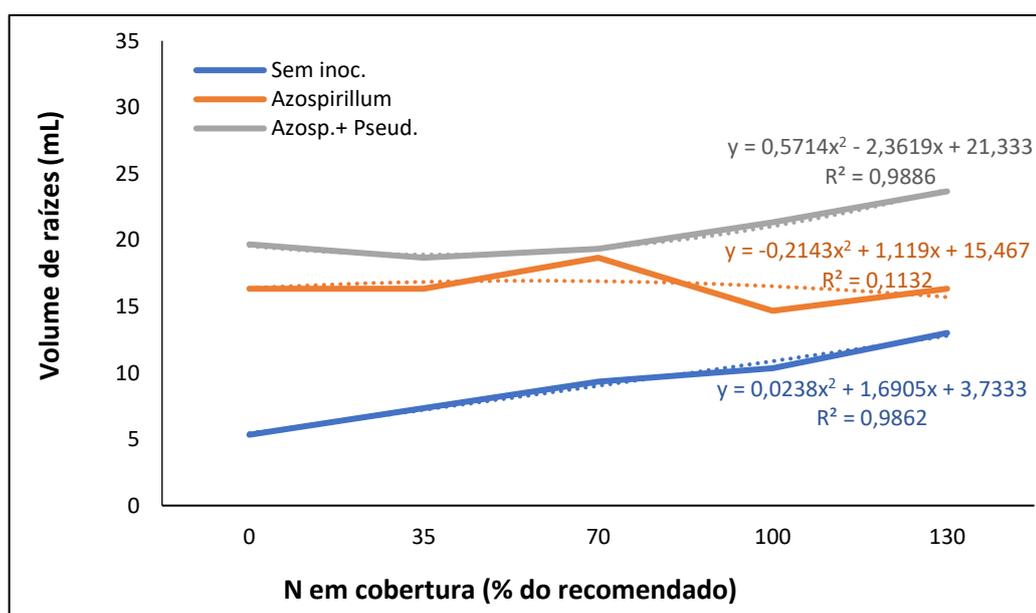
Tabela 6. Volume de raízes (mL) das plantas da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.

Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% do recomendado)				
	0	35	70	100	130
Sem inoculação	5,33 c	7,33 b	9,33 b	10,33 c	13,00 c
<i>Azospirillum</i>	16,33 b	16,33 a	18,66 a	14,66 b	16,33 b
<i>Azosp.</i> + <i>Pseud.</i>	19,67 a	18,66 a	19,33 a	21,33 a	23,66 a

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

No volume radicular das plantas de arroz (figura 14), na comparação entre as dosagens de N, os maiores volumes de raízes foram observados nas quantidades de 100% e 130% do recomendado, sendo 21,33 e 23,67mL, respectivamente, sendo ambos valores obtidos quando da inoculação com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*. Esses valores foram 11,00 e 10,67 mL maiores nas quantidades de 100 e 130% da quantidade de N em cobertura recomendada, respectivamente. Em estudos realizados por Steffens (2010), experimentos com inoculação a campo revelaram que o gênero *Azospirillum* sp., além da fixação biológica do nitrogênio, promove ganhos em rendimento e no aumento da superfície da absorção das raízes das plantas.

Figura 14. Variação do volume de raízes das plantas da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.



Fonte: Autor (2023)

O número de panículas por m² foi maior em todos os tratamentos quando da inoculação com *Azospirillum* + *Pseudomonas* (tabela 7). Conforme Dario (2015), o nitrogênio na cultura do arroz é um elemento essencial em todas as fases do ciclo e sua aplicação tem reflexos diretos na produção, já que é responsável pelo aumento da área foliar das plantas e, conseqüentemente, da taxa fotossintética. Com isso todos os fatores de produção são aumentados: n^o de panículas por planta em decorrência do maior perfilhamento, número de grãos por panículas e peso dos grãos. Conseqüentemente o número de panículas por m² é aumentado, e este é um dos componentes que mais contribui para a produtividade de grãos em casca, sendo assim, está diretamente relacionado à obtenção de altos índices produtivos.

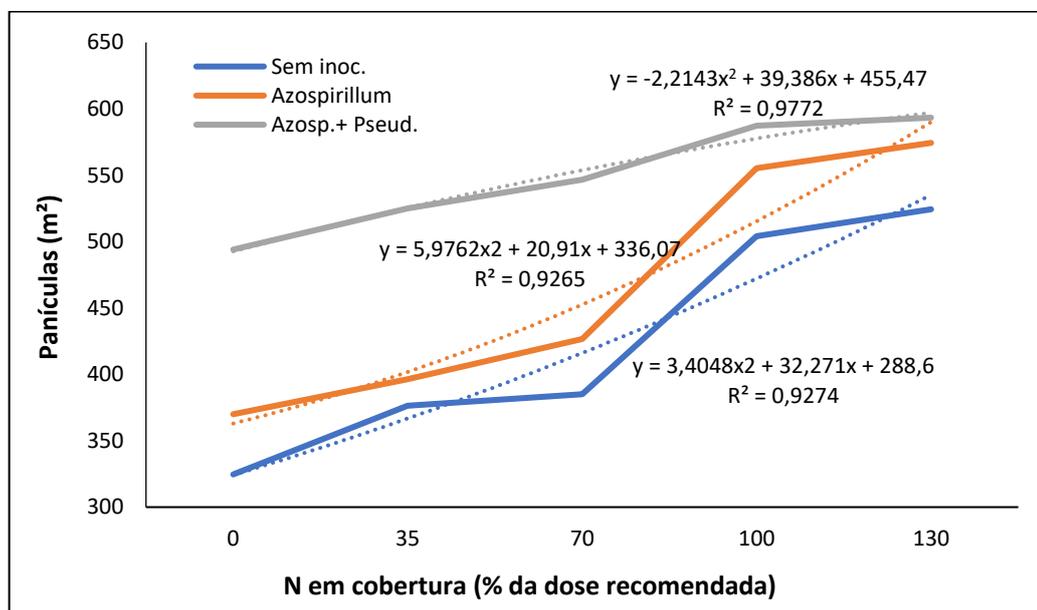
Tabela 7. Panículas por m² da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.

Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% do recomendado)				
	0	35	70	100	130
Sem inoculação	324,66 c	376,33 c	385,00 c	504,00 c	524,33 c
<i>Azospirillum</i>	370,00 b	396,33 b	426,66 b	555,33 b	574,33 b
<i>Azosp.</i> + <i>Pseud.</i>	494,00 a	525,00 a	546,66 a	587,33 a	593,33 a

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

A produção de panículas apresentou incrementos praticamente lineares com o aumento da adubação nitrogenada (figura 15). O número de panículas de arroz foi incrementado tanto pelas quantidades de nitrogênio, quanto pela inoculação com *Azospirillum brasiliensis* e *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*. O número de panículas m² aumentou linearmente, em função do aumento nas quantidades de N nos tratamentos com e sem aplicação de inoculante. As maiores quantidades de N também proporcionaram aumento do número de panículas, possivelmente devido ao fato de o nutriente também participar de funções estruturais na planta.

Figura 15. Variação do número de panículas por m² da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.



Fonte: Autor (2023).

Onde não foi aplicado N em cobertura e utilizada a inoculação com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* a produção de panículas se sobressaiu em 52%, comparado ao mesmo tratamento não inoculado. Quando aplicado 35% da quantidade de N em cobertura associada à inoculação, a produção de panículas aumentou em 40%, comparado ao mesmo tratamento não inoculado. Quando aplicado 70% da quantidade de N em cobertura associada à inoculação, a produção de panículas se sobressaiu em 42%, comparado ao mesmo tratamento não inoculado. Com aplicação de 100% da quantidade de N em cobertura associada à inoculação obteve-se acréscimo de 17% ao não inoculado. E, na quantidade de 130% da quantidade de N em cobertura associada à inoculação obteve-se um aumento de 13% no número de panículas por metro quadrado.

Destaca-se, que no tratamento com aplicação de 35% da dose de N sem inoculação obteve o equivalente a 324 panículas m⁻², enquanto que, com a utilização da inoculação de *Azosp.* + *Pseud.* este número foi de 494 panículas m⁻², um incremento de 52%.

Conforme Silva (2019), os perfilhos são componentes do potencial de produtividade, pois refletem em número de panículas por hectare, área foliar, que

eleva a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos.

O rendimento de grãos inteiros da cultura do arroz apresentou pouca variação em função da utilização da inoculação quando da utilização de N em cobertura, mas houve melhora no rendimento de grãos inteiros com a utilização da inoculação quando não houve a aplicação de N em cobertura (tabela 8 e figura 16).

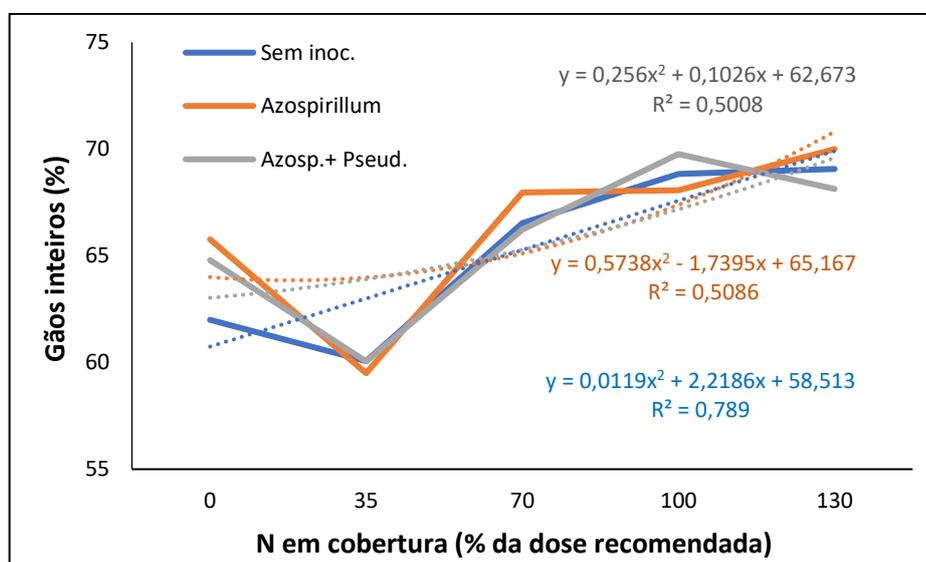
Tabela 8. Rendimento de grãos inteiros (%) da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.

Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% do recomendado)				
	0	35	70	100	130
Sem inoculação	62,00 b	60,06 a	66,53 b	68,83 ab	69,06 ab
<i>Azospirillum</i>	65,76 a	59,50 a	67,96 a	68,06 b	70,00 a
<i>Azosp.</i> + <i>Pseud.</i>	64,80 a	60,06 a	66,23 b	69,76 a	68,13 b

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

O rendimento de benefício, de grãos inteiros é uma característica pode ser influenciada pelo manejo e condições ambientais. Pode-se correlacionar com o atraso do ciclo da cultivar utilizada, devido a aplicação de maiores quantidades de N e/ou nas menores quantidades de N, pode-se afirmar que houve atraso no ponto de colheita, e assim justificar que os melhores rendimentos de grãos inteiros estão correlacionados na maior disponibilidade de N às plantas.

Figura 16. Variação de grãos inteiros da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.



Fonte: Autor (2023)

A qualidade dos grãos em arroz reflete diretamente no valor de mercado e na aceitação do produto pelo consumidor. De acordo com Gootems (2021), a inoculação das sementes com *Azospirillum* pode proporcionar 67,8% de grãos inteiros e renda média do benefício de 70,5%. O rendimento de grãos inteiros está relacionado às características genéticas da cultivar, métodos de colheita e secagem dos grãos, condições climáticas após a floração e adubação (SOSBAI, 2018).

O rendimento de grãos corridos não foi influenciado pela utilização da inoculação, bem como teve pouca variação em relação às quantidades de N em cobertura (tabela 9), indicando ser uma variável pouco dependente destes fatores.

Tabela 9. Rendimento de grãos corridos da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.

Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% da dose recomendada)				
	0	35	70	100	130
Sem inoculação	70,46 a	71,43 a	72,23 a	72,20 a	71,53 a
<i>Azospirillum</i>	71,16 a	71,03 a	71,53 a	71,93 a	72,10 a
<i>Azosp.</i> + <i>Pseud.</i>	70,86 a	70,73 a	72,06 a	72,30 a	72,10 a

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

A umidade dos grãos por ocasião da colheita foi pouco influenciada pela utilização da inoculação, sendo observado um ligeiro aumento quando da utilização nas maiores quantidades de N em cobertura, o qual afirma-se que com as maiores doses há atraso do ciclo das plantas e conseqüentemente retardamento na emissão das panículas, justificando assim possuir grãos com maior umidade se comparados com menores doses de N.

Tabela 10. Variação da umidade dos grãos no ponto de colheita da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.

Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% da dose recomendada)				
	0	35	70	100	130
Sem inoculação	15,40 a	14,23 ab	16,40 a	14,06 b	14,96 b
<i>Azospirillum</i>	14,56 b	14,83 a	15,20 b	14,20 b	15,30 b
<i>Azosp.</i> + <i>Pseud.</i>	14,00 b	13,83 b	15,90 a	16,53 a	16,43 a

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

Quanto à produtividade de grãos, verifica-se que o uso de inoculação resultou em incrementos na produtividade em todas as quantidades de N em cobertura

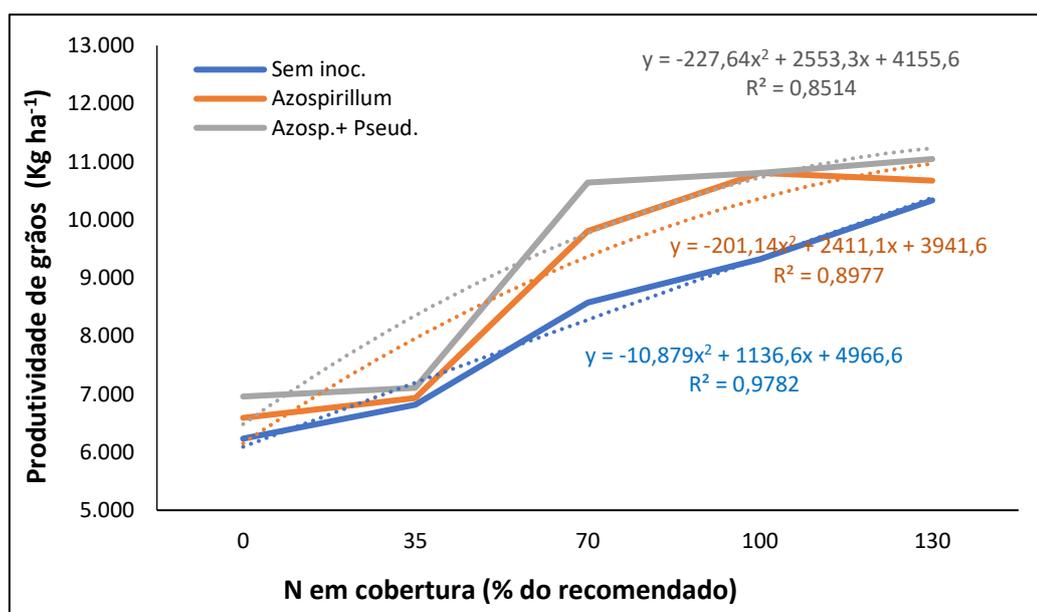
(tabela 11 e figura 17), destacando a inoculação com *Azospirillum* + *Pseudomonas* que resultou em produtividade de 11.046,43 Kg ha⁻¹ associada a maior quantidade de N em cobertura.

Tabela 11. Produtividade de grãos (Kg ha⁻¹) da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.

Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% do recomendado)				
	0	35	70	100	130
Sem inoculação	6.233,66 c	6.814,43 c	8.575,93 c	9.324,33 b	10.335,50 c
<i>Azospirillum</i>	6.591,03 b	6.934,03 b	9.803,66 b	10.807,70 a	10.675,50 b
<i>Azosp.+ Pseud.</i>	6.958,16 a	7.106,00 a	10.642,93 a	10.804,30 a	11.046,43 a

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

Figura 17. Variação da produtividade de grãos da cultura do arroz irrigado em função dos tratamentos avaliados.



Fonte: Autor (2023).

Também, é possível observar que a produtividade de grãos com o uso da inoculação de *Azospirillum* + *Pseudomonas* associado a aplicação de 70% do recomendado de N em cobertura (10.642,93 Kg ha⁻¹) foi semelhante a produtividade obtida sem a inoculação e com a aplicação de 130% do recomendado de N em cobertura (10.335,50 Kg ha⁻¹), ou seja, nas condições de realização deste experimento, a utilização da inoculação de *Azospirillum* + *Pseudomonas* proporcionou uma economia de até 60 % da quantidade de N em cobertura.

Houve um aumento significativo na maioria dos tratamentos quando da utilização de *Azospirillum* + *Pseudomonas* na produtividade de grãos. Apenas na quantidade de 100% de N que não houve diferença estatística em produtividade nas inoculações *Azospirillum* e *Azosp.* + *Pseud.* Estes dados sugerem que a inoculação nas sementes com *Azosp.* + *Pseud.* tem efeito promissor para incrementar a produtividade no arroz irrigado, especialmente de pequenos produtores cuja capacidade de aquisição de insumos agrícolas é limitada. Isto é, a inoculação além de ser mais sustentável e mais barato, comparada ao uso do fertilizante mineral nitrogenado por unidade de área, nas condições experimentais do presente experimento, foi mais produtivo.

Observa-se um incremento na produtividade de grãos com o aumento da quantidade de N em cobertura até 130 % do recomendado, principalmente quando não acompanhada da inoculação. Com a utilização da inoculação, praticamente não se observou incremento na produtividade com o aumento da aplicação de N em cobertura de 100 para 130 % da quantidade recomendada.

O incremento percentual na produtividade de grãos na cultura do arroz em função da inoculação das sementes é apresentado na tabela 12.

Tabela 12. Incremento percentual em relação à testemunha (sem inoculação) na produtividade de grãos na cultura do arroz.

Inoculação	Quantidade de N em cobertura (% do recomendado)					Média
	0	35	70	100	130	
<i>Azospirillum</i>	5,73 b	1,76 b	14,32 b	15,91 a	3,29 b	8,20
<i>Azosp.+ Pseud.</i>	11,62 a	4,28 a	24,10 a	15,87 a	6,88 a	12,55

* Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

Quando inoculadas com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, proporcionam incremento de 24,1, 15,8 e 6,8% em produtividade, que representam ganho de 2.067 Kg ha⁻¹, 1.479 Kg ha⁻¹ e 710 Kg ha⁻¹.

Comparado à não inoculação (testemunha), a utilização da inoculação das sementes da cultura do arroz irrigado com *Azospirillum brasilense* proporcionou aumento médio de 8,20 % na produtividade de grãos (variando de 1,76 a 15,91%), enquanto que, a inoculação com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* resultou em incremento médio de 12,55 % na produtividade de grãos (variando de 4,28 a 24,10%). Assim, nas condições experimentais deste trabalho,

podemos afirmar que a inoculação das sementes da cultura do arroz irrigado com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* apresenta-se como uma excelente alternativa para aumentar a produtividade de grãos e, também, diminuir a dependência da fertilização nitrogenada em cobertura, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica do cultivo.

Estudos realizados por Silva (2019), comprovam que a adubação nitrogenada da cultura busca elevar os teores de N mineral no solo, estado em que N pode ser prontamente absorvido pela planta de arroz, que, como resposta ao insumo, tem um aumento no número de perfilhos. Os perfilhos por sua vez, são componentes do potencial de produtividade, pois refletem em número de panículas por hectare, área foliar, que eleva a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos. Com isso pode-se afirmar que realizar a inoculação resulta em aumento da produtividade e/ou redução na aplicação de quantidades de N. Todas as variáveis avaliadas responderam ao tratamento e incrementaram a produtividade (tabela 12), comportamento esperado dado que 100% da quantidade de N recomendada foi fornecida às plantas e, por isso estiveram sob disponibilidade nutricional adequada para o desenvolvimento e produção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação das sementes da cultura do arroz irrigado e as aplicações de N em cobertura apresentaram efeito de interação sobre a altura das plantas, volume de raízes por planta; nº. de panículas m⁻², grãos inteiros, grãos corridos, umidade e produtividade dos grãos.

A utilização da inoculação das sementes e a aplicação de N em cobertura na cultura do arroz irrigado resultaram em aumentos na altura das plantas, no volume radicular e no número de panículas por m². Enquanto que, o rendimento de grãos inteiros e de grãos corridos apresentaram pouca variação.

Observa-se um incremento na produtividade de grãos com o aumento da quantidade de N em cobertura até 130 % da quantidade recomendada quando não acompanhada da inoculação. Enquanto que, quando da utilização da inoculação não se observou incremento na produtividade a partir 100% da quantidade recomendada de N.

A inoculação das sementes da cultura do arroz irrigado com *Azospirillum brasilense* proporcionou aumento médio de 8,20% na produtividade de grãos e, a inoculação com *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* resultou em incremento médio de 12,55 % na produtividade de grãos. Assim, nas condições experimentais deste trabalho, podemos afirmar que a inoculação das sementes apresenta-se como uma excelente alternativa para aumentar a produtividade de grãos e, também, diminuir a dependência da fertilização nitrogenada em cobertura, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica do cultivo.

REFERENCIAS

- ARTIGIANI, Angela Cristina Camarim Alvarez et al. **Produtividade e qualidade industrial do arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica e adubação**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pat/a/hmzbK9gqcFJX3zDNZ6jnzpR/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 26 jun.2023.
- BALAN M.G.; ABI-SAAB J.G.; SILVA C.G.; RIO A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, abr./jun. 2008.
- BONISSONI, Kassiana. **Inoculante biológico eleva a produtividade das lavouras de arroz e diminui a necessidade de adubação nitrogenada**. 2021. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/inoculante-biologico-eleva-a-produtividade-das-lavouras-de-arroz-e-diminui-a-necessidade-de-adubacao-nitrogenada>>. Acesso em: 26 abr.2023.
- BRITO, Tauane Santos. **Principais biológicos utilizados nas culturas de inverno e suas características**. 2022. Disponível em: <<https://www.3tentos.com.br/triblog/post/99>>. Acesso em: 22 jun.2023.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2008. 864 p.
- CHARENTREUIL, C.; GIRAUD, E.; PRIN, Y. et al. Photosynthetic Bradyrhizobia are natural endophytes of the African wild rice *Oryza breviligulata*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, n. 12, p. 5437 – 5447, 2000.
- CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do arroz/** organizador Aroldo Antonio de Oliveira Neto. Brasília, p. 180, 2015. <Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>>, acesso em 04 de maio de 2022
- COSTA, A.A; Schoenfeld, R.; ANGHINONI, I. **Produtividade do arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela dose e pelo fracionamento da aplicação**. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Florianópolis-SC, 2013.
- DAMIANI, Júlia. **Azolla e a fixação biológica de nitrogênio em arroz**. 2022. Disponível em: <[https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2022/03/07/azolla-e-a-fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-arroz#:~:text=A%20fixa%C3%A7%C3%A3o%20biol%C3%B3gica%20de%20nitrog%C3%AAnio%20\(FBN\)%20%C3%A9%20respons%C3%A1vel%20por%20in%C3%BAmeras,de%20nitrog%C3%AAnio%20do%20g%C3%AAnero%20Rhizobium.](https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2022/03/07/azolla-e-a-fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-arroz#:~:text=A%20fixa%C3%A7%C3%A3o%20biol%C3%B3gica%20de%20nitrog%C3%AAnio%20(FBN)%20%C3%A9%20respons%C3%A1vel%20por%20in%C3%BAmeras,de%20nitrog%C3%AAnio%20do%20g%C3%AAnero%20Rhizobium.)> Acesso em: 25 abr.2023.
- DARIO, G. J. A.; DARIO, I. S. N. **Adubação e correção da acidez. Arroz: do plantio à colheita**, v.2, n.5, p.122-134, 2015.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statisticaldatabases**, 2006. Acesso em 15 abr. 2022. Online. Disponível na Internet: <http://www.fao.org>.

Gerke, J. (1992) **Phosphate Aluminum, and Iron in the Soil Solution of Three Different Soils in Relation to Varying Concentration of Citric Acid**. *Z. pflanzenernahr.Bodenk.*, 55:339-343.

GOMES, Daniela. **Após sete anos, produção mundial de arroz sofre recuo significativo**. 2023. Disponível em:<https://www.capitalnews.com.br/rural/apos-sete-anos-producao-mundial-de-arroz-sofre-recuo-significativo/380778>. Acesso em : 25 abr.2023.

GOTTEMS, Leonardo. **1º inoculante biológico para arroz registrado no Brasil**. 2021. Disponível em:<[HIRSCH, PENNY R.; MAUCLINE, T.H.The Importance of the Microbial N Cycle in Soil for Crop Plant Nutrition. **Adv. Appl. Microbiol**,. v. 93. p.45-71, 2015. Disponível em: < <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065216415000349>>. Acesso em :26 abr.2023.](https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/noticia/1--inoculante-biologico-para-arroz-registrado-no-brasil_450890.html#:~:text=A%20Embrapa%20realizou%20a%20avalia%C3%A7%C3%A3o,benef%C3%ADcio%20de%2070%2C5%25.>. Acesso em: 26 abr.2023</p>
</div>
<div data-bbox=)

HUNGRIA, Mariangela. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento baixo custo**. Embrapa Soja, 2011. 36p. - (Embrapa Soja, Documentos, 325).

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE – IRRI. **World Rice Statistics** disponível em <http://ricestat.irri.org:8080/wrsv3/entrypoint.htm>. Acesso em: 16 de junho de 2022.

MAGALHÃES JUNIOR, Ariano Martins de. **Sistema de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil** .Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004 270 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 3).

MORITA, S.; YAMAZAKI, K Root system. In: MATSUO, T.; HOSHIKAWA, K. (Eds.) **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1993. V.1: Morphology. P. 161-186.

Nahas, E. (1991) **Ciclo do fósforo: transformações microbianas**. Jaboticabal- SP: FUNEP., 67.

NUNES, JOSÉ LUIS DA SILVA. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO ARROZ. 2020.DISPONÍVEL EM:<[HTTPS://WWW.AGROLINK.COM.BR/CULTURAS/ARROZ/INFORMACOES/IMPORTANCIA_361560.HTML](https://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/informacoes/importancia_361560.html)>. ACESSOEM: 27 ABR. 2023.

PARTIDA-MARTÍNEZ, L.P.; HEIL, M. **The microbe-free planta: fact or artifact?** *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 2, p. 1-16, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **Coeficiente de variação**. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. Curso de estatística experimental. Piracicaba, 1990. 7p.

ROCHA, Isabel. **Previsão do preço do arroz para 2023: confira as expectativas do mercado**. 2023. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/previsao-do-preco-do-arroz/>>. Acesso em 27 abr.2023.

Rodriguez, H., Fraga, R. (1999) **Phosphate solubilizing bactéria and their role in plant growth promotion**. *Biotechnology Advances.*, 17:319-339

SILVA, Osmira Fatima da Silva et al. Cultivo do arroz: importância social e econômica. Disponível em :<<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/socioeconomia/importancia-economica-e-social#:~:text=Al%C3%A9m%20do%20papel%20econ%C3%B4mico%2C%20o,ter%C3%A7os%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o%20subnutrida%20mundial>>.

SILVA, Tobias Alves da. **Importância do nitrogênio na cultura do arroz irrigado**. 2019. Disponível em: <<https://www.cotrisel.com/noticias/detec-informa-importancia-do-nitrogenio-na-cultura-do-arroz-irrigado/>>. Acesso em: 24 abr.2023.

SOSBAI, REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32., 2018, Farroupilha. **ARROZ IRRIGADO: Recomendações da Pesquisa para o Sul do Brasil**. <Disponível em: <http://www.sosbai.com.br/>>, acesso em 10 de maio de 2022

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252

SPANCERSKI, J. S.; SANTOS, J. A. A Aplicação de redes neurais recorrentes na previsão de geração eólica. **Revista Cereus** 2021 Vol. 13. N.

STEFFENS, M. B. R. **Caracterização morfofisiológica e genética de bactérias Endofíticas isoladas de raízes de diferentes genótipos de milho (Zeamays L.)**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010. (Dissertação de Mestrado).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Assimilação de Nutrientes. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 286-298.

Vassileva, M., Azcon, R., Barea, J.M., Vassilev, N. (1999) **Effect of encapsulated cells of Enterobacter sp on plant growth and phosphate uptake**. *Bioresource Technology.*, 67(3): 229-232.

Vassilev, N., Franco, I., Vassileva, M., Azcon, R. (1996) **Improved Plant Growth With Rock Phosphate Solubilized by Aspergillus niger Grown on Sugar-Beet Waste**. *BioresouceTecnology.*, 55:237-241.

ZAMPIERI, Maria Emília. **Brasil deve ter menor safra de arroz em 26 anos**. Preço ao produtor cai e ao consumidor sobe. 2023. Disponível

em:<<https://globo.rural.globo.com/agricultura/arroz/noticia/2023/02/brasil-deve-ter-menor-safra-de-arroz-em-26-anos-preco-ao-produtor-cai-e-ao-consumidor-sobe.ghtml>> Acesso em: 23 abr.2023.

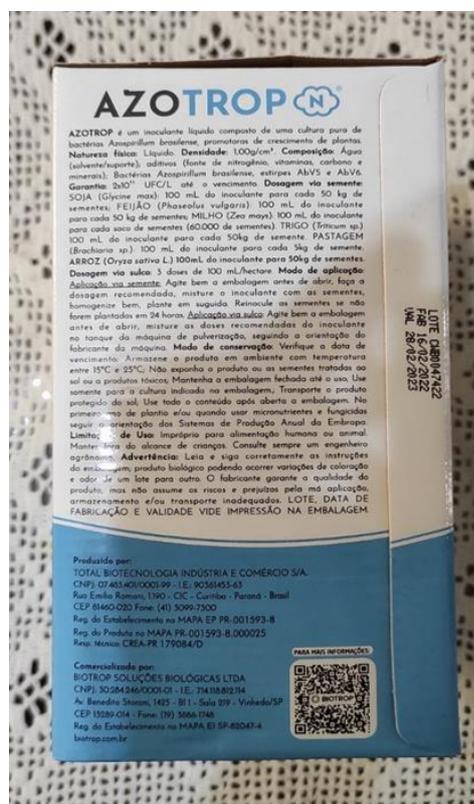
ANEXOS

Anexo A: Embalagem dos inoculantes comerciais utilizados no experimento.



Fonte: Autor (2023).

Anexo B: Especificações e recomendações do inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.



Fonte: Autor (2023).

Anexo C: Especificações e recomendações do inoculante a base de *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*.



Fonte: Autor (2023).