

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA
SOLTEIRA**

JULIANA BARBOZA CORREA

EFEITO DA APLICAÇÃO DE *Bacillus amyloliquefaciens* E *Bacillus subtilis* EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

**ILHA SOLTEIRA
2021**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

JULIANA BARBOZA CORREA

EFEITO DA APLICAÇÃO DE *Bacillus amyloliquefaciens* E *Bacillus subtilis*
EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.
Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

ILHA SOLTEIRA - SP
DEZEMBRO DE 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

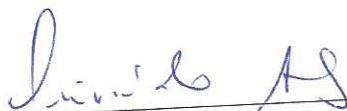
TÍTULO: "Efeito da aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis* em arroz de terras altas irrigado por aspersão"

ALUNA: JULIANA BARBOZA CORREA RA: 152053425

ORIENTADOR: PROF. DR. ORIVALDO ARF

Aprovado (x) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 10,00

Comissão Examinadora:



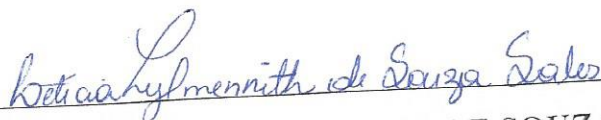
PROF. DR. ORIVALDO ARF

Presidente (Orientador)



FERNANDO DE SOUZA BUZO

DOUTORANDO EM AGRONOMIA - FEIS-UNESP



LETICIA ZYLMENNITH DE SOUZA SALES

DOUTORANDA EM AGRONOMIA - FEIS-UNESP



ALUNA: JULIANA BARBOZA CORREA

Ilha Solteira(SP) 13 de dezembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais Maria Luiza e Valdemar, pelo dom da vida e todo apoio, amor, inspiração e dedicação que me foram oferecidos, contribuindo diretamente para o alcance de todos os meus objetivos e sonhos até aqui.

Ao meu orientador e grande inspirador, Prof. Orivaldo Arf pelas oportunidades oferecidas, companheirismo, confiança, apoio, profissionalismo e ensinamentos passados. Meu muito obrigada!

Aos outros professores que contribuíram com meu desenvolvimento enquanto graduanda e que faço questão de citar como: Edson Lazarini, Gláucia Amorim, Rayssa Dinalli, Carlos Alberto Flechtmann, Marcelo Carvalho, Elcio Hiroyoshi, Kátia Luciene, Geraldo Papa, Fernando Tadeu e Leandro Coelho.

Aos amigos que estiveram sempre comigo em momentos importantes, e que de formas diferentes me ajudaram ao longo da vida, dentre os quais cito: André Luiz, Eduardo Marcandali, Fernando Buzo, Ivete Dourado, Letícia Rocha, Laís Francielli, Mariana Panini, Rafael Martins e Vitor Martins.

A UNESP de Ilha Solteira (FEIS) e todos seus funcionários, por ter me dado a oportunidade de poder alcançar um dos meus maiores sonhos da vida, me disponibilizando todos os recursos e ferramentas possíveis para minha formação. Gratidão eterna!

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa - FEPE que foram cruciais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho, através do apoio dedicado. E também à minha equipe de pesquisa em Cereais (Equipe Arf) por toda ajuda nos experimentos em campo e bons momentos vividos.

Agradeço a todas outras pessoas aqui não citadas, porém, que estiveram ao meu lado com gestos de apoio e amizade.

*“Tenho tudo nas mãos, mas não tenho nada. Então,
melhor ter nada e lutar pelo
o que eu quiser.”
(Falamansa)*

RESUMO

O arroz está entre as culturas mais produzidas no Brasil, se desenvolvendo em diferentes sistemas de cultivo. Para assegurar sua produção, muitas técnicas são utilizadas, se fazendo presente o uso de fertilizantes, assim como o de defensivos agrícolas. No entanto, em função do crescente custo dos insumos agrícolas, principalmente dos fertilizantes nitrogenados, somado às exigências cada vez maiores pela busca de alternativas com menor impacto ambiental para atender as demandas atuais e futuras de produção, faz-se necessário à busca por soluções que atendam parâmetros atuais de sustentabilidade na produção de alimentos. Nesse sentido, a utilização de microrganismos associados às plantas, como as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) é uma alternativa, pois além de reduzirem custos, podem contribuir para uma maior produção e mais sustentável, o que viabiliza seu uso. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inoculação de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar, associada ou não à *Bacillus subtilis* via inoculação de sementes, no desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas. O trabalho foi desenvolvido em Selvíria – MS em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista, com a cultivar BRS Esmeralda na safra 2019/2020. O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e em esquema fatorial 2x5, sendo: 2 níveis de inoculação com a bactéria *B. subtilis* (presença ou ausência) via inoculação de sementes na dose de 200mL por 70 kg de sementes; doses da bactéria *B. amyloliquefaciens* via foliar (0, 100, 200, 300 e 400 ml ha⁻¹). A inoculação com *B. subtilis* reduziu o acúmulo da massa seca da parte aérea e a produtividade de grãos e aumentou a concentração foliar de nitrogênio e número total de grãos. A inoculação via foliar de *Bacillus amyloliquefaciens* e via semente de *Bacillus subtilis* não influenciou as características agronômicas, qualidade e rendimento de grãos e concentração de nitrogênio. A produtividade de grãos de arroz foi reduzida pela inoculação foliar de *B. amyloliquefaciens* na ausência da inoculação de *B. subtilis* nas sementes.

Palavras-chave: Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas; BRS Esmeralda Rizobactérias; *Oryza sativa* L.

ABSTRACT

Rice is among the most produced crops in Brazil, developing in different cultivation systems. To ensure its production, many techniques are used, including the use of fertilizers, as well as pesticides. However, due to the increasing cost of agricultural inputs, especially nitrogen fertilizers, added to the increasing demands for the search for alternatives with less environmental impact to meet current and future production demands, it is necessary to search for solutions that meet current sustainability and food production parameters. In this sense, the use of microorganisms associated with plants, such as plant growth promoting bacteria (BPCP) is an alternative, as in addition to reducing costs, they can contribute to greater and more sustainable production, which makes their use feasible. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of inoculation of the bacteria *B. amyloliquefaciens* via foliar, associated or not with *B. subtilis* via seed inoculation, on the development of upland rice crops. The work was developed in Selvíria - MS in an experimental area of the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE) of the Universidade Estadual Paulista, with the cultivar BRS Esmeralda in the 2019/2020 harvest. The experiment was installed in a randomized block design with four replications and in a 2x5 factorial scheme, as follows: 2 levels of inoculation with the bacterium *B. subtilis* (presence or without) via seed inoculation at a dose of 200mL per 70 kg of seeds; doses of the bacterium *B. amyloliquefaciens* via foliar (0, 100, 200, 300 and 400 mL ha⁻¹). Inoculation with *B. subtilis* affected shoot dry mass accumulation and grain yield and improved leaf nitrogen concentration and total number of grains. Inoculation via foliar *Bacillus amyloliquefaciens* and via seed of *Bacillus subtilis* did not influence agronomic characteristics, grain quality and yield and nitrogen concentration. Rice grain yield was affected by foliar inoculation of *B. amyloliquefaciens* in the absence of inoculation of *B. subtilis* in the seeds.

Keywords: Plant Growth Promoting Bacteria; BRS Esmeralda; Rhizobacteria; *Oryza sativa*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores médios de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C), coletadas durante a condução do experimento na safra 2019/20. Selvíria-MS,2020.	18
Figura 2 - Preparo convencional do solo em pré-semeadura.	20
Figura 3 - Semeadura de arroz após preparo convencional do solo.	21
Figura 4 - Valores médios da e produtividade de grãos de arroz de sequeiro influenciados por doses de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> via foliar sob inoculação via semente de <i>B. subtilis</i> . Selvíria (MS), safra 2019/20.	29

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Valores das características químicas da área na camada de 0-0,20m. Ano Agrícola 2019/20. 19
- Tabela 2** - Valores médios de massa seca da parte aérea (MS), concentração foliar de nitrogênio (N foliar), altura de planta (Altura) e o número de panículas por metro quadrado (Panículas) de arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefac*..... 26
- Tabela 3** - Valores médios número de grãos de grãos cheios, número de grãos chochos, número de grãos totais e a fertilidade das espiguetas de arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar e inoculação via semente de *B. sub.* 27
- Tabela 4** - Valores médios da massa do hectolitro, massa de cem grãos e produtividade de grãos de arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar e inoculação via semente de *B. subtilis*. Selvíria (MS), safra 2019/20. 27
- Tabela 5** - Valores médios do rendimento de grãos inteiros, rendimento de grãos beneficiados e o número de grãos quebrados em arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar e inoculação via semente de *B. subtilis*. Selvíria..... 30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Origem e características do Arroz.....	12
2.2 Bactérias promotoras do crescimento de plantas	13
2.3 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> e <i>Bacillus subtilis</i>	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização e Caracterização da Área experimental	18
3.2 Delineamento Experimental e tratamentos	19
3.3 Instalação e Condução do Experimento	19
3.4 Avaliações realizadas	22
3.4.1 Massa seca da parte aérea.....	22
3.4.2 Concentração foliar de N.....	22
3.4.3 Altura de plantas (cm).....	22
3.4.4 Número de panículas por metro quadrado	22
3.4.5 Número total de grãos por panícula	23
3.4.6 Número de grãos granados e chochos por panícula	23
3.4.7 Fertilidade das espiguetas.....	23
3.4.8 Massa de cem grãos.....	23
3.4.9 Produtividade de grãos	23
3.4.10 Massa do hectolitro	23
3.4.11 Rendimento industrial	23
3.5 Análise estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura anual da família das poáceas (gramíneas), que possui sistema fotossintético C_3 e alta capacidade de se adaptar a ambientes alagados (SANTOS; SANTIAGO, 2014). No Brasil, sua produção se concentra nos estados do Sul do país, sendo os maiores produtores nacionais o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Tocantins, que respondem a mais de 90% do total de 1,3 milhão de hectares de arroz cultivados (CONAB, 2019).

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes no mundo, e tem aumentado o consumo de NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) em uma taxa de 5,4% anual, nos últimos vinte anos. Entretanto, do total de 34,14 milhões de toneladas consumidas em 2017, cerca de 75% foram importados. Tornando o Brasil dependente dessa matéria-prima, principalmente por apresentar grandes áreas de produção com baixa disponibilidade de nutrientes (EMBRAPA, 2020). O uso de fertilizantes minerais é empregado durante anos como uma ferramenta importante para o bom desenvolvimento da cultura. No entanto, os mesmos são conhecidos pela possibilidade de causarem impactos ambientais, como contaminação de corpos d'água, trazendo assim altos riscos à população e prejuízos ao meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2011).

Sistemas de produção eficientes contribuem para o desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida. Esses sistemas, quando melhorados, podem auxiliar a erradicar a fome e diminuir a pobreza (FAO, 2004). Desta forma, é importante que se busque práticas mais eficazes, como o uso de bactérias promotoras de crescimento, assim como também de outros microrganismos benéficos, que podem reduzir a dependência de importação de insumos químicos não renováveis, que apresentam altos custos e oneram o meio ambiente (HUNGRIA, 2011).

Uma das alternativas é a utilização de Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCPs) que consistem em bactérias capazes de promover o crescimento, auxiliar na resistência sistêmica contra doenças e estresses abióticos por meio de uma grande variedade de mecanismos (SOUZA et al., 2015). Estudos com rizobactérias na cultura iniciaram-se na China na década de 1960 (VIEIRA JÚNIOR et al., 2013). Os benefícios desses microrganismos são variados, destacando-se a solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004), produção de fitohormônios como auxina (CATTELAN et al., 1999), produção de sideróforos (KUMAR; VERMA, 2018), ação contra fitopatógenos causadores de doenças e rápida disponibilidade e assimilação de nutrientes (MANTELIN; TOURAINE, 2003). Assim,

essas bactérias podem exercer atividade importante e estratégica para garantir produtividade alta a baixo custo, além de beneficiar o meio ambiente (HUNGRIA, 2011). Além de auxiliar na fixação biológica de nitrogênio (PANKIEVICZ et al., 2015).

As bactérias do gênero *Bacillus* são amplamente utilizadas em diferentes formulações comerciais para promover o crescimento de plantas (FAN et al; 2017). Segundo Petras e Casida (1985), o gênero *Bacillus* apresenta fácil utilização e são capazes de sobreviver tanto estocadas como em solo, apresentando alto potencial como inoculantes. Algumas espécies de bactérias deste gênero como *Bacillus amyloliquefaciens* e *B. subtilis*, apresentam várias vantagens em relação a outras rizobactérias, devido a facilidade de cultivo e armazenamento. Elas podem ser aplicadas na forma de esporos nas sementes, ou como inoculantes, apresentando efeitos protetores e de promoção de crescimento (REVA et al; 2004).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial das rizobactérias *Bacillus subtilis* e *B. amyloliquefaciens* via semente e foliar, respectivamente, no aumento dos aspectos produtivos e fitotécnicos do arroz de terras altas, irrigado por aspersão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e características do Arroz

Vários indícios mostram o sudeste da Ásia como local onde se originou o arroz. Há evidências de que a cultura tenha sido introduzida no país por meio da frota de Pedro Álvares Cabral. O Brasil é apontado como pioneiro do cultivo desse grão na América do sul (EMBRAPA, 2000). O arroz é um cereal muito importante no desenvolvimento do mundo, sendo o alimento básico para mais da metade da população mundial (JULIANO, 1993). Em relação às outras culturas, o arroz ocupa o segundo lugar em produção e extensão de área de cultivo, ficando atrás somente do trigo (SILVA, 2017).

Seu valor nutricional é variável devido à alta biodiversidade de variedades, possui alto teor de proteína, sendo importante na alimentação humana, principalmente em países cuja disponibilidade e consumo de proteína animal são baixos (FREI; BECKER, 2004). É uma boa fonte de carboidratos e vitaminas do complexo B, com potencial de fornecer quantidades satisfatórias de nutrientes (KENNEDY; BURLINGAME; NGUYEN, 2002). Suas características alimentares e culinárias dependem da quantidade dos dois tipos de amido presentes no grão, amilose e amilopectina (PEREIRA et al., 2007). A amilose quase não está presente nos grãos pegajosos e gelatinosos quando cozidos (KHUSH; PAULE; DE LA CRUZ, 1979).

Segundo a CONAB, em 2019 as estimativas da safra de grãos 2019/20 no Brasil foram de 245,8 milhões de toneladas, representando um aumento de 1,6% em comparação à safra 2018/19, se mantendo como safra recorde. Dentre essa safra, estimou-se uma produção de 10,6 milhões de toneladas de arroz, 9% superior à de 2018/19, mesmo com área de cultivo reduzida em 0,6% (CONAB, 2019). O Rio Grande do Sul, maior estado produtor, na safra 2019/20, mesmo com área reduzida em relação à safra passada, obteve produtividade de 8.402 kg ha⁻¹ de arroz, proporcionada devido a associação da época de semeadura com elevada radiação solar (DATER, 2020).

Em relação a suas exigências nutricionais, o arroz necessita de 16 nutrientes para o seu crescimento e desenvolvimento. Os macronutrientes mais absorvidos, em ordem decrescente são: K > N > Ca > P > S > Mg. Os micronutrientes, também em ordem decrescente, são: Mn > Fe > Zn > Cu > B > Mo. Como grande parte desses nutrientes é exportada pelos grãos e palhada após colheita, se faz necessário repô-los via adubação (SANTIAGO; BRESEGHELLO; FERREIRA, 2013).

Com o aumento da demanda por fertilizantes a fim de suprir a demanda mundial por alimentos, juntamente com os recursos finitos que os compõem e o crescimento da preocupação quanto os seus impactos ambientais, entende-se que um uso mais eficiente e melhor aproveitamento dos nutrientes no ecossistema, são necessários, sem afetar a produtividade (REETZ, 2017). Segundo Diaz, Baron e Rigobelo (2019), devido ao uso excessivo de fertilizantes minerais na prática agrícola, acúmulo de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio na fração arável dos solos pode ocorrer, ocasionando danos e alterações ao meio ambiente e sua microbiota.

Práticas agrícolas avançadas aceleram a contaminação do solo devido ao alto consumo de fertilizantes e defensivos agrícolas, que buscam aumentar a produtividade e reduzir perdas nas colheitas (EUGENIO; MCLAUGHLIN; PENNOCK, 2019). Os fertilizantes são em sua maioria, sais, extraídos de rochas. Por essa razão, podem reduzir a capacidade de germinação das sementes. O sulfato de amônio possui alta capacidade de acidificar o solo e contém 24% de enxofre em sua composição. O uso desse fertilizante, assim como o da ureia, requer alguns cuidados em seu manejo (SANTIAGO; BRESEGHELLO; FERREIRA, 2013).

Dessa forma, alternativas sustentáveis são necessárias para reduzir o uso de fertilizantes. As rizobactérias já são amplamente estudadas em leguminosas na fixação biológica de nitrogênio. Entretanto, trabalhos avaliando sua eficiência na promoção do crescimento de plantas em gramíneas, como o arroz, são escassos (SANTOS et al., 2019). Sendo assim, a inoculação do arroz com rizobactérias pode melhorar o acúmulo e aproveitamento de nutrientes, bem como, contribuir para o aumento nos componentes produtivos, fitotécnicos e na qualidade dos grãos (ESTRADA et al., 2012).

2.2 Bactérias promotoras do crescimento de plantas

O solo apresenta uma grande diversidade em sua biota, dentre estes variados tipos de organismos, o DNA bacteriano representa cerca de 95% de toda a fauna presente nos solos, porém, estima-se que a ciência acessou apenas 1% de sua diversidade (GLICK, 2012).

Algumas cepas de BPCPs começaram a ser comercializadas na última década no Brasil, e incluem: *Agrobacterium radiobacter*, *Azospirillum brasilense* (AbV5-AbV6), *Bacillus fimus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*, *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *Burkholderia* spp. e vários gêneros de *Rhizobium* spp. Entretanto, as safras que são inoculadas com BPCPs representam uma pequena fração da prática agrícola mundial atualmente (GLICK, 2012). Essas bactérias podem ser classificadas como epifíticas, colonizando a superfície vegetal ou a

rizosfera, endofíticas quando em algum momento do seu ciclo de vida se hospedam no interior da planta, estabelecendo uma associação simbiótica com o hospedeiro vegetal e intracelular, quando vivem dentro da célula da raiz, geralmente em estruturas especializadas como os nódulos (DA SILVEIRA, 2007).

Uma grande variedade de compostos moleculares é liberada pelas raízes na forma de exsudatos, atuando como trocas de sinais moleculares entre a planta e comunidade microbiana, servindo também de substrato para microbiota, e permitindo o início do processo de infecção ou simbiose, entre microrganismo- vegetal (ROVIRA, 1969). Estabelecida a associação no ambiente rizosférico, esses microrganismos são capazes de influenciar processos fisiológicos por meio de reações químicas complexas, indo desde a produção de biofilmes protetores na raiz, solubilização de nutrientes do solo até a síntese de moléculas antifúngicas e de ação inseticida, atuando singularmente na proteção e melhoria do sistema radicular vegetal. (MEZA et al., 2015)

Os mecanismos que as BPCPs exercem e favorecem as plantas são diversos, como: solubilização de fosfato (GLICK, 2012) fixação de nitrogênio (PANKIEVICZ et al., 2015) aumento da permeabilidade das raízes e produção de sideróforos quelantes de ferro. Esses processos fisiológicos podem ter efeitos benéficos na recuperação de nutrientes e combate a estresses (LUGTENBERG; KAMILOVA, 2009; PII et al., 2015). A promoção de crescimento inclui capacidade de síntese de fitormônios vegetais como auxinas, giberelinas, entre outros (SPAEPEN; VANDERLEYDEN, 2011).

Os mecanismos de crescimento podem ser divididos em diretos, como produção de fitohormônios ou substância análogas destas moléculas, e mecanismos indiretos (BASHAN; HOLGUIN, 1997). Quanto à maneira indireta, o crescimento é promovido pela redução de microrganismos deletérios ou patogênicos às plantas, portanto, pelo controle biológico (HALLMANN; BENHAMOU; KLOEPPER, 1997), produção de antibióticos, indução de resistência, aumento da tolerância a estresses, entre outros (OLIVEIRA; URQUIAGA; BALDANI, 2003; CIPRIANO et al., 2016).

Os fitormônios do crescimento conhecidos até o momento são: citocinina, giberelina e auxina (SERRATO et al, 2008). A síntese desses compostos faz com que as rizobactérias contribuam para uma maior proliferação de pelos radiculares, aumentando assim a quantidade de raízes, o que permite explorar um maior volume de solo, e consequentemente, maior absorção de água e nutrientes como ferro, fósforo e nitrogênio (SHARMA et al., 2013 ; AHEMAD; KIBRET, 2014). Muitos são os compostos produzidos pelas rizobactérias que pertencem ao grupo das auxinas, sendo o ácido indol-acético (AIA) o mais abundante

(ZHAO et al., 2010), tendo como precursor de sua síntese o triptofano (WOODWARD; BARTEL, 2005). O AIA estimula a formação de raízes e parte aérea (TAIZ et al., 2017) alongamento e divisão celular (KRIKORIAN, 1991) aumento do peso médio de frutos (SARTORI; GUERRA; MARODIN, 2003), inibição da senescência foliar e promoção do crescimento (MELO, 2002).

Outro mecanismo que auxilia no crescimento e desenvolvimento vegetal, e tem sido relatado, é a produção de sideróforos, que consistem em agentes quelantes produzidos por plantas e organismos sob condições limitantes de ferro (SCHWYN; NEILANDS, 1987). As BPCPs produzem esses agentes quelantes especialmente relacionados ao ferro férrico (Fe^{3+}) (MELO; SANHUEZA, 2007). Desta forma, os sideróforos contribuem para amenizar os efeitos negativos que os níveis altos de metais podem causar na planta. Sendo assim, segundo Morrissey; Guerinot, 2009 as rizobactérias são capazes de reduzir o ferro tornando solúvel e melhorando sua absorção, através da liberação desses compostos. As rizobactérias relacionadas a solubilização de fosfato podem fornecer o P oriundo de fontes insolúveis ou parcialmente solúveis por meio de mecanismos diferentes. Essa solubilização em meio líquido normalmente se deve à excreção de ácido orgânicos, como por exemplo ácido cítrico e ácido láctico (KHAN et al., 2007).

Muitas rizobactérias que desencadeiam a indução de resistência sistêmica, podem também inibir o desenvolvimento do patógeno diretamente, pois são capazes de suprimir doenças além de um só mecanismo (VAN LOON; BAKKER; PIETERSE, 1998). A indução de resistência envolve enzimas como β -1,3- glucanases e quitinases que hidrolisam as paredes celulares dos fungos. A associação dessas enzimas com o sistema de resistência induzido mostra o seu benefício no aumento da capacidade defensiva dos tecidos induzidos (DELANEY et al; 1995). O controle biológico de fitopatógenos através da produção de antibióticos é uma forma eficiente de combate às doenças, devido algumas espécies de BPCPs serem capazes de atuar como antagonistas de fitopatógenos. Algumas espécies que se destacam são as do gênero *Bacillus* e *Pseudomonas* (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005).

Os efeitos benéficos das BPCPs podem ser notados em diversas culturas vegetais como já mostrado em estudos com braquiária (ARAUJO; GUABERTO; SILVA, 2012; SAMPAIO et al., 2021), milho (RATZ et al; 2017; PEREIRA et al., 2020) soja (COSTA et al; 2014; MORETTI et al., 2020), arroz (KNIEF et al., 2012), cevada (BULGARELLI et al., 2015) e feijão (JALAL et al., 2021). Desta forma, em virtude do conhecimento sobre as características importantes das rizobactérias, elas são uma alternativa viável tanto

economicamente como ambientalmente, devido a redução do uso de fertilizantes (HUNGRIA, 2011).

2.3 *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis*

O gênero *Bacillus*, compreende o número mais abundante de bactérias habitantes da rizosfera, tendo muitas cepas estudadas ao longo dos anos, assim, vários conhecimentos sobre seus mecanismos já foram obtidos (SAHARAN, 2011). Em geral são aeróbicas ou anaeróbicas de modo facultativo, encontradas em diversos substratos e podem se apresentar individualmente ou em cadeias (COSTA et al., 2010).

As espécies de *Bacillus* são gram positivas, apresentam vários mecanismos que garantem sua sobrevivência em condições desfavoráveis (PETERSOHN et al., 2001). Possuem forma de bastonetes e são capazes de formar aerobicamente esporos que apresentam alta resistência ao calor, secagem ou qualquer ação destrutiva, portanto, são mais resistentes que as células vegetativas (GORDON; HAYNES; PANG, 1973). Tais características proporcionam uma sobrevivência mais eficaz.

Bactérias deste gênero produzem biofilmes, que são uma importante estratégia de adaptação bacteriana às condições ambientais em ambientes aquáticos e outros (EMMERT; HANDELSMAN, 1999; DAVEY; O'TOOLE, 2000). Em um estudo com *Bacillus cereus*, mostrou que biofilmes da bactéria nas raízes de trigo, também participaram do biocontrole da planta (XU et al., 2014). Essas bactérias são habitantes naturais do solo (ARAÚJO; MARCHESI, 2009). De acordo com Fritz et al. (2010) através do isolamento desses microrganismos do solo com arroz irrigado em diferentes tipos de cultivo, obtiveram 336 bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus*, das quais 35,42% foram identificadas como *B. thuringiensis*, 16,96% como *B. cereus*, 9,52% como *B. sphaericus* e 38,10% como *Bacillus* sp.

Além de ser um gênero diversificado, o desenvolvimento das plantas por essas bactérias é influenciado por vários mecanismos, como a solubilização de fosfato (CHATLI et al., 2008) capacidade em favorecer a produção de antibióticos (ARAÚJO; MARCHESI, 2009) capacidade de assimilar nitrogênio (IDRISS et al., 2002) fornecer energia através da degradação de açúcares (PRIEST et al., 1987), produção de fitohormônios e sideróforos, além da indução de resistência (LIMA et al., 2011).

Um trabalho realizado com rizobactérias em dois cultivares de arroz, mostrou que os maiores comprimentos radiculares em um deles, foi proporcionado pelas bactérias do gênero *Bacillus* sp., que diferiu significativamente das outras quatro BPCPs de gêneros diferentes utilizadas (SOUSA; NASCENTE; FILIPPI, 2019). Em estudos que testaram a inoculação com

Bacillus em diferentes culturas e que obtiveram bons resultados, mostram que aparentemente não há uma especificidade a um único hospedeiro vegetal (BATISTA et al., 2012).

Alguns representantes de *Bacillus amyloliquefaciens* foram encontrados associados à planta-raiz e atuam de forma benéfica no crescimento da planta (IDRISS et al., 2002). Uma pesquisa realizada com três formulações da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* avaliando a promoção do crescimento em alface, mostrou-se que o microrganismo contribuiu significativamente no diâmetro de parte aérea e massa fresca de plantas de alface em todas as formulações e condições climáticas testadas (MATSUMURA et al., 2016).

Em um trabalho que avaliou os possíveis benefícios da interação entre a bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* e plantas de arroz (*Oryza sativa*), Chauhan et al. (2019) verificaram que a inoculação bacteriana em mudas promoveu maior crescimento da parte aérea, assim como do sistema radicular. Além disso, houve um aumento da biomassa, taxa de fotossíntese e hormônios, como também maior tolerância ao estresse salino, concluindo que *Bacillus amyloliquefaciens* é uma rizobactéria em potencial para ser usada como bioinoculante,

Outro resultado de estudo mostrando o potencial das BPCPs também em plantas de arroz, demonstrou que o uso da rizobactéria *Bacillus subtilis* como inoculantes favoreceu o crescimento do sistema radicular, produtividade e qualidade dos cultivares (CHOUDHARY et al., 2013). A eficiência da *Bacillus subtilis* na promoção do crescimento de plantas se deve à relação intrínseca com as características biológicas da bactéria, que possui facilidade de uso em bioformulados (LANNA FILHO; FERRO; PINHO, 2010).

Segundo Malviya et al. (2012) a bactéria *Bacillus subtilis* no tratamento de sementes de arroz, teve uma influência positiva nos parâmetros de crescimento e rendimento, visto que proporcionou um aumento do comprimento do caule (8,2%) e raiz (15,6%) biomassa (22,9%) e rendimento das plantas (6,6%). No segundo ano, todos esses parâmetros aumentaram, exceto o comprimento de raízes que teve uma queda pouca significativa em relação ao primeiro ano (14,4%).

Embora as rizobactérias do gênero *Bacillus* apresentem capacidade de promover o crescimento de plantas, as mesmas em ambientes diferentes devem ser avaliadas a fim de se alcançar resultados mais satisfatórios, pois podem se comportar de maneiras distintas. Desse modo, a coleta e isolamento desses microrganismos são cruciais, uma vez que dão suporte à estudos e permitem a formação de banco de dados direcionado às atividades científicas e biotecnologias.

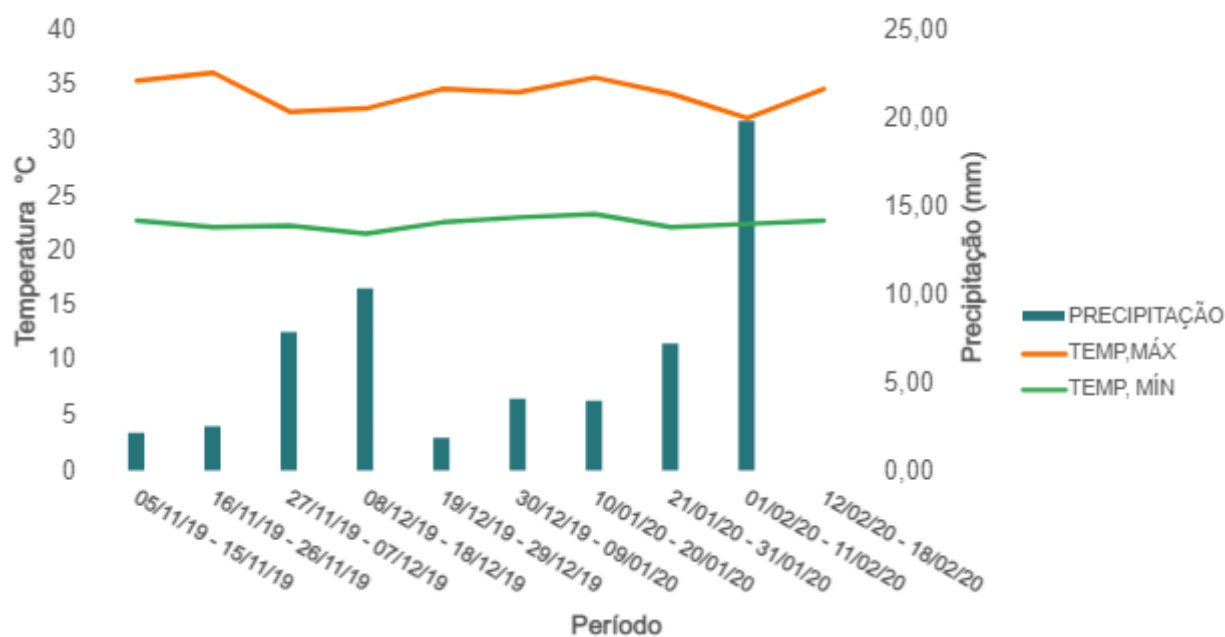
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área experimental

O presente estudo foi desenvolvido, durante a safra agrícola de 2019/2020, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS situada aproximadamente a 51°24' de longitude a Oeste de Greenwich e 20° 20' de latitude Sul, com altitude média de 350 m. A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a média anual da umidade relativa do ar situa-se entre 60 e 80%. O tipo climático é Aw segundo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013) caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Os valores médios de precipitação pluvial, temperatura máxima, temperatura mínima entre 05 de novembro de 2019 e 20 de fevereiro de 2020 foram descritos abaixo, que compreende o período entre a instalação da cultura até a sua colheita. Durante o ciclo da cultura, as temperaturas mínimas e máximas estiveram entre 19,9 e 40,0 °C (Figura 1).

Figura 1 - Valores médios de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C), coletadas durante a condução do experimento na safra 2019/20. Selvíria-MS,2020.



Fonte: Canal Clima da UNESP Ilha Solteira¹

¹ Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/>

O solo do local é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013). Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental no ano agrícola de 2019/2020, na camada de 0 – 0,20 m e realizada a análise química, segundo método proposto por Raij et al. (1996), como apresentada a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores das características químicas da área na camada de 0-0,20m. Ano Agrícola 2019/20.

pH _{CaCl2}	P _{resina}	S	M.O.	K	Ca	Mg	Al	Al+H	SB	CTC
5,0	---mg dm ⁻³ ---		g dm ⁻³					mmol _c dm ⁻³		
	25	3	18	0,7	19	16	1	31	35,7	66,7
V			B		Cu		Fe	Mn		Zn
---%---								mg dm ⁻³		
54			0,27		3,6		25	11,1		0,6

Fonte: próprio autor

3.2 Delineamento Experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo o primeiro fator constituído pela inoculação via semente com a dose recomendada da bactéria *B. subtilis* (presença ou ausência); o segundo fator foi a aplicação de doses da bactéria *B. amyloliquefaciens* via foliar (0, 100, 200, 300 e 400 mL ha⁻¹) aplicada em dois momentos.

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de 5 metros, com espaçamento de 0,35 metros entre linhas. Para todas as avaliações realizadas, considerou-se como área útil da parcela as três linhas centrais, desprezando-se duas linhas laterais.

3.3 Instalação e Condução do Experimento

A cultivar utilizada foi a BRS Esmeralda que se destaca por apresentar alta produtividade e qualidade de grãos com alto potencial produtivo, além de possuir grãos longos e finos. É moderadamente resistente às principais doenças e possui maior tolerância ao estresse hídrico, além de Stay Green (senescência tardia) (EMBRAPA, 2012).

Realizou-se o preparo mecânico da área experimental por meio de uma aração e duas gradagens (Figura 2).

Figura 2 - Preparo convencional do solo em pré-semeadura.



Fonte: própria autora

Posteriormente, executou-se a semeadura mecanizada com regulagem para densidade de semeadura de 70 kg ha^{-1} . A semeadura ocorreu no dia 05 de novembro de 2019, com subsequente emergência de plantas no dia 11 de novembro de 2019 (Figura 3).

Foi realizado o tratamento das sementes com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil ($5 + 45 + 50 \text{ g de i.a. } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes) visando o controle de pragas de doenças do solo. A inoculação de *Bacillus subtilis* foi realizada momentos antes da semeadura, na dose de 200 mL ha^{-1}

A adubação realizada no sulco de semeadura foi de 250 kg ha^{-1} de 08-28-16 da formulação NPK. Logo após a semeadura, aplicou-se o herbicida de pré-emergência pendimetalin (1400 g ha^{-1} do i.a.).

Figura 3 - Semeadura de arroz após preparo convencional do solo.



Fonte: própria autora

Realizou-se a adubação de cobertura da cultura aplicando-se 35 kg ha^{-1} de N aos 22 dias após a emergência da cultura (DAE) usando como fonte o sulfato de amônio e, posteriormente, uma segunda adubação nitrogenada com 25 kg ha^{-1} de N aos 35 DAE.

Utilizou-se um sistema de irrigação por pivô central, cuja precipitação média é de 13 mm/hora, para fornecimento de água visando atender a demanda hídrica da cultura. O manejo da irrigação baseou-se em três coeficientes de cultura (K_c), distribuídos em quatro períodos entre a emergência e a colheita: 0,40 para a fase vegetativa; dois valores para a fase reprodutiva (inicial de 0,70 e final de 1,00) e invertendo-se esses dois valores na fase seguinte, de maturação (RODRIGUES et al., 2002).

A aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar foi realizada na forma de jato dirigido, com pulverizador costal manual bico cônico TX-VS2 e volume aproximado de calda de 300 L ha^{-1} . sendo a dose 100 mL ha^{-1} ($0,08 \text{ mL parcela}^{-1}$), dose 200 mL ha^{-1} ($0,16 \text{ mL parcela}^{-1}$), dose 300 mL ha^{-1} ($0,24 \text{ mL parcela}^{-1}$) e 400 mL ha^{-1} ($0,32 \text{ mL parcela}^{-1}$), cada dose contendo 8 parcelas (4 parcelas com *B. subtilis* e 4 parcelas sem).

As plantas daninhas foram controladas, em pós-emergência, com a aplicação de 2,2 g ha⁻¹ de metsulfuron metílico, aos 11 DAE da cultura. Para o controle de pragas e doenças em pós-emergência, aplicou-se trifloxistrobina (750 mL ha⁻¹) e tiametoxam (150 g ha⁻¹).

Realizou-se a colheita manual das parcelas experimentais aos 100 DAE, e na sequência, realizou-se trilha mecânica do material colhido, retirando-se os grãos e colocando-os em bandejas de papel para secagem natural à sombra, para que o grau de umidade da amostra se tornasse mais próximo de 13%. Posteriormente foi feita a determinação de produtividade, massa de 100 grãos e massa hectolétrica dos tratamentos. No mesmo dia da colheita, foram coletadas vinte panículas na área útil de cada parcela e acondicionadas em sacos de papel e levadas para posterior determinação do número de grãos por panícula.

3.4. Avaliações realizadas

3.4.1 Massa seca da parte aérea

Aos 41 DAE, quando as plantas estavam em florescimento pleno foram coletadas em cada parcela as plantas em 0,40 m linear e cortadas rentes ao solo, levadas para estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas e logo após pesadas para quantificar massa seca das plantas e transformados em g m².

3.4.2 Concentração foliar de N

Aos 41 dias após a emergência, quando as plantas estavam em florescimento pleno foram coletadas as folhas bandeira de 25 plantas por parcela, levadas para estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas e logo após foram moídas em moinho Willey com peneira de abertura de 1 mm e acondicionadas em sacos plásticos identificados. As amostras moídas foram levadas para laboratório de nutrição de plantas e o N quantificado pelo método descrito por Malavolta et al. (1997).

3.4.3 Altura de plantas (cm)

Aos 96 DAE, foi realizada tal avaliação, determinada em 3 pontos ao acaso, na área útil de cada parcela a distância média compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta.

3.4.4 Número de panículas por metro quadrado

Por ocasião da colheita, realizou-se a contagem do número de panículas em 1,0m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

3.4.5 Número total de grãos por panícula

Foi obtido pela contagem do número de grãos de 20 panículas, coletadas no momento da colheita.

3.4.6 Número de grãos granados e chochos por panícula

Foi determinado pela contagem do número de grãos granados e chochos de 20 panículas após separação dos mesmos através de fluxo de ar.

3.4.7 Fertilidade das espiguetas

Após realizada a contagem do número de grãos totais e cheios por panícula, foi feita uma relação entre os mesmos e posteriormente multiplicado por 100, assim determinando a fertilidade das espiguetas.

3.4.8 Massa de cem grãos

Estimou-se a média da massa de cem grãos pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela, medindo-se a umidade da amostra e convertendo os valores para 13% (base úmida).

3.4.9 Produtividade de grãos

Colheu-se 3 linhas de 5 metros da área útil de cada parcela, de forma manual e após a trilha mecânica, pesou-se os grãos, corrigiu-se a umidade para 13% (base úmida) e o resultado foi convertido para kg ha^{-1} .

3.4.10 Massa hectolétrica

Foi avaliada em balança específica para massa hectolétrica, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida), utilizando-se uma amostra por parcela.

3.4.11 Rendimento industrial

Foi coletada uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca de cada parcela, a qual foi processada em engenho de prova, por 1 minuto; em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor encontrado foi considerado como rendimento de benefício, sendo os resultados expressos em porcentagem. Posteriormente, os grãos brunidos (polidos) foram colocados no “Trieur” nº. 0 e a separação dos grãos processada por 30 segundos; os grãos que permaneceram no “Trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

3.5 Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando se constatou significância pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), realizou-se a comparação de médias pelo teste de TUKEY para a aplicação de *Bacillus subtilis* e regressão polinomial para as doses de *Bacillus amyloliquefaciens*. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar para a realização de tais análises estatísticas (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito significativo das doses via foliar de *Bacillus amyloliquefaciens* e da inoculação via semente de *Bacillus subtilis* sob a variável altura de plantas e número de panículas m⁻², este efeito foi verificado para as doses via inoculação de sementes de *Bacillus subtilis* para a massa seca da parte aérea e pela concentração foliar de nitrogênio (N). A maior massa seca da parte aérea das plantas de arroz foi verificada sem a inoculação via semente de *Bacillus subtilis*, ou seja, a inoculação reduziu o acúmulo de massa seca nas plantas até o pleno florescimento (Tabela 2). Algumas cepas de *Bacillus* têm a capacidade de melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas, aumentar a eficiência fotossintética, o crescimento e acúmulo de reserva nos tecidos foliares em plantas de milho e sorgo (AQUINO et al., 2019).

Porém, quando em situações adequadas de cultivo pode não realizar o efeito simbiótico benéfico, como ocorre em situações estressantes, onde a bactéria ameniza os efeitos maléficos dos estresses abióticos nas plantas, utilizando *Bacillus sp.* em plantas de cana sob estresse hídrico (CHANDRA et al., 2018), *B. amyloliquefaciens* em trigo sob elevada temperatura (ABD EL-DAIM et al., 2018), *Bacillus halotolerans* em trigo sob estresse salino (EL-AKH DAR et al., 2020), *B. cereus* em plantas de milho em estresse por metais pesados (KHAN; BANO, 2016) e plantas de arroz inoculadas com *B. subtilis* melhorou a tolerância ao estresse hídrico (LU et al., 2021).

A concentração de N da folha bandeira foi maior quando realizada a inoculação com *B. subtilis* via semente em relação a ausência desta inoculação, a bactéria proporcionou maior aquisição de N pelas raízes e ainda uma melhor nutrição da planta no estágio inicial (Tabela 2). O *B. subtilis* tem características de promoção de crescimento múltiplas, incluindo capacidade para crescer a níveis desfavoráveis para o cultivo como na presença de elevado de estresse alcalino (pH), além da capacidade de solubilização de fósforo, sendo assim, essa linhagem pode colonizar eficientemente as raízes das plantas sob solos afetados pelo sal e ajudar as plantas na nutrição (AHMAD et al., 2018). A produção de ácido orgânico por cepas microbianas de *Bacillus sp.* é um dos principais mecanismos de solubilização de P e Zn, entre estes ácidos orgânicos, a produção de ácido 2 - cetoglucônico e ácido glucônico por BPCP é responsável pela solubilização (FASIM et al., 2002). Por outro lado, diversas cepas de *Bacillus subtilis*, *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus sp.* melhorou a absorção

de N e translocação de N foliar em plantas de milho e sorgo na ausência da aplicação de N nas plantas (AQUINO et al., 2019).

Tabela 2 - Valores médios de massa seca da parte aérea (MS), concentração foliar de nitrogênio (N foliar), altura de planta (Altura) e o número de panículas por metro quadrado (Panículas) de arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*.

Tratamentos	MS	N foliar	Altura	Panículas
<i>Bacillus subtilis</i>	g m ⁻¹	g kg ⁻¹	cm	Nº m ⁻²
Com	116,89 b	37,23 a	127	263
Sem	128,36 a	36,14 b	125	255
BS. F(calc)	5,51*	4,83*	2,01 ^{ns}	0,51 ^{ns}
DMS	10,3	1,04	0,91	7,7
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>				
0	117,08	37,05	123	255
100	119,85	36,49	128	246
200	122,63	37,07	127	273
300	125,39	36,58	126	257
400	128,17	36,21	125	264
BA. F(calc)	1,32 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,72 ^{ns}
Int. F(calc)	0,72 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,50 ^{ns}
CV (%)	12,6	3,71	3,24	13,12

Fonte: Dados do próprio autor.

A inoculação via foliar com *B. amyloliquefaciens* e via semente com *B. subtilis* não influenciaram o número de grãos cheios e chochos por panícula e a fertilidade das espiguetas, e as doses de *B. amyloliquefaciens* via foliar não proporcionou diferença significativa para o número de grãos totais por panícula das plantas de arroz (Tabela 3). A inoculação via semente com *B. subtilis* aumentou o número de grãos totais por panícula de arroz em relação a não inoculação das sementes com esta bactéria (Tabela 3); pode estar associado ao aumento da absorção e translocação de N no momento do florescimento que aumenta a eficiência fotossintética e proporciona melhor translocação de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos por serem os maiores drenos no momento reprodutivo (Tabela 2). O suprimento adequado de nutrientes das plantas ocasionado pela inoculação, é essencial para reduzir a senescência foliar precoce por transportar as reservas das folhas para os drenos (panículas), resultando em maior sucesso produtivo (AQUINO et al., 2019). A boa nutrição das plantas de arroz proporciona melhor qualidade e sanidade dos grãos produzidos (PORTUGAL et al., 2019).

Tabela 3 - Valores médios número de grãos de grãos cheios, número de grãos chochos, número de grãos totais e a fertilidade das espiguetas de arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar e inoculação via semente de *B. sub.* ²

Tratamentos	Número de grãos			Fertilidade
	Cheios	Chochos	Totais	
<i>Bacillus subtilis</i>	----- N° panícula ⁻¹ -----			%
Com	109,65	51,75	161,40 a	68
Sem	104,40	45,94	150,34 b	69
BS. F(calc)	0,82 ^{ns}	1,76 ^{ns}	4,52*	0,36 ^{ns}
DMS	11,88	8,99	10,67	10,00
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>				
0	104,09	46,94	153,56	68
100	108,98	47,89	153,58	71
200	114,06	48,84	159,67	71
300	103,95	49,79	160,03	65
400	104,15	50,75	152,50	68
BA. F(calc)	0,48 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,79 ^{ns}
Int. F(calc)	0,65 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,47 ^{ns}
CV (%)	17,12	28,39	10,55	12,26

Fonte: Dados do próprio autor

Houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre as doses de *B. amyloliquefaciens* via foliar e a inoculação via semente de *B. subtilis*. A massa hectolétrica e a massa de 100 grãos de arroz não foram influenciadas pela inoculação via semente de *B. subtilis* e doses de *B. amyloliquefaciens* via foliar, possivelmente por não elevar o transporte de carboidratos e açúcares pelas plantas (Tabela 4). O transporte de carboidratos pode ser afetado pelo aumento dos níveis de nitrogênio absorvido e utilizado pelas plantas, o amido e os açúcares solúveis podem se concentrar nas folhas para aumentar a eficiência fotossintética e em consequência reduzir o acúmulo nos grãos de arroz (WANG et al., 2006).

Tabela 4 - Valores médios da massa do hectolitro, massa de cem grãos e produtividade de grãos de arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar e inoculação via semente de *B. subtilis*. Selvíria (MS), safra 2019/20.³

Tratamentos	Massa do hectolitro	Massa de 100 grãos	Produtividade
<i>Bacillus subtilis</i>	kg	g	kg ha ⁻¹
Com	50,88	2,56	4.900

² Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, ns – não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. D.M.S. = diferença mínima significativa. CV = coeficiente de variação.

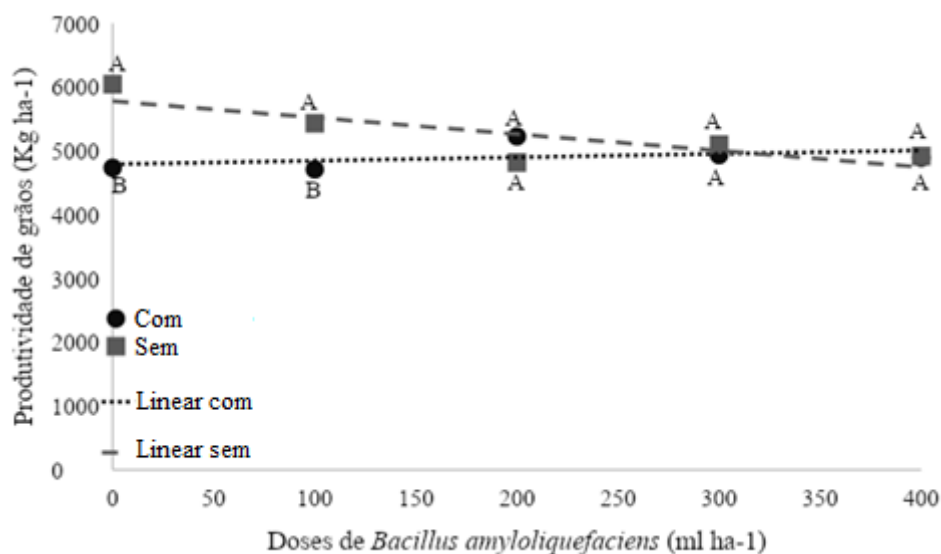
³ Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, ns – não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. D.M.S. = diferença mínima significativa. CV = coeficiente de variação.

Sem	50,44	2,59	5.264
BS. F(calc)	0,50 ^{ns}	1,63 ^{ns}	4,19*
DMS	1,27	0,042	364
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>			
0	51,10	2,59	5.391
100	50,62	2,56	5.071
200	49,91	2,56	5.023
300	51,18	2,57	5.016
400	50,48	2,56	4.907
BA. F(calc)	0,56 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Int. F(calc)	0,35 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,83*
CV (%)	3,86	2,55	11,04

Fonte: Dados do próprio autor

A produtividade de grãos de arroz reduziu de acordo com o aumento das doses via foliar de *B. amyloliquefaciens* na ausência da inoculação do *B. subtilis* via semente, por outro lado, sob a presença da inoculação via semente com *B. subtilis* houve aumento da produtividade de grãos até a dose de 200 ml ha⁻¹ de *B. amyloliquefaciens*. As maiores produtividade foram verificadas na ausência do *Bacillus subtilis* nas doses 0 e 100 ml ha⁻¹ em relação ao realizar a inoculação via sementes de *B. subtilis* nas mesmas doses via foliar (Figura 4). A inoculação com *B. subtilis* não tem melhorado a produtividade de grãos de arroz de terras altas quando inoculado via sementes (GOMES et al., 2019). Por outro lado, a inoculação com *Bacillus subtilis* prejudicou a produtividade de grãos de arroz na ausência da doença *Rhizoctonia solani*, quando a doença estava presente a cepa desta bactéria melhorou a produtividade de grãos (KUMAR et al., 2012). Neste sentido verifica-se que a inoculação de *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* não beneficia a produção de arroz de sequeiro sem a presença de condições desfavoráveis (estresses abióticos e bióticos).

Figura 4 - Valores médios da produtividade de grãos de arroz de sequeiro influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar sob inoculação via semente de *B. subtilis*. Selvíria (MS), safra 2019/20.



Fonte: própria autora

O rendimento de grãos inteiros, o número de grãos quebrados e o rendimento industrial não foram alterados pela inoculação de *B. subtilis* via sementes e pelas doses foliares de *B. amyloliquefaciens*, possivelmente pelas bactérias não terem capacidade de melhorar a qualidade dos grãos de arroz (Tabela 5). Cepas de *Bacillus spp.* foram associadas anteriormente a melhora da qualidade dos grãos de arroz quando na presença da doença brusone, por reduzir a incidência do fitopatógeno e em consequência melhorar a qualidade dos grãos (RAIS et al., 2018). Como não houve a presença de nenhuma doença nas panículas durante o experimento, as inoculações não foram eficazes para melhorar a qualidade industrial dos grãos.

Tabela 5 - Valores médios do rendimento de grãos inteiros, rendimento de grãos beneficiados e o número de grãos quebrados em arroz de terras altas influenciados por doses de *Bacillus amyloliquefaciens* via foliar e inoculação via semente de *B. subtilis*. Selvíria.⁴

Tratamentos	Rendimento de Benefício	Rendimento de grãos Inteiros	Grãos Quebrados
<i>Bacillus subtilis</i>	%	%	%
Com	69,13	63,74	5,48
Sem	68,66	62,67	6,12
BS. F(calc)	0,11 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,91 ^{ns}
DMS	0,98	3,59	1,38
<i>B. amyloliquefaciens</i>			
0	70,36	64,49	5,90
100	68,04	62,25	5,98
200	67,76	62,36	5,43
300	69,52	63,76	5,83
400	68,77	63,15	5,80
BA. F(calc)	0,48 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Int. F(calc)	1,02 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,12 ^{ns}
CV (%)	6,33	8,74	36,78

Fonte: Dados do próprio autor

Estes resultados possibilitam a tomada de decisão na aplicação de cepas de bactérias de *Bacillus* sem a presença de condições favoráveis, pois em condições ideais de cultivo a inoculação destas bactérias não proporciona melhora produtiva ou até prejudica as características agronômicas do arroz.

⁴ Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, ns – não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. D.M.S. = diferença mínima significativa. CV = coeficiente de variação.

5. CONCLUSÃO

A inoculação via sementes de *Bacillus subtilis* não interferiu nos principais componentes de produção, reduziu o acúmulo da massa seca da parte aérea e a produtividade de grãos, porém aumentou a concentração foliar de nitrogênio e número total de grãos.

A inoculação via foliar de *Bacillus amyloliquefaciens* não influenciou as características produtivas, qualidade e rendimento de grãos de arroz, a rizobactéria não beneficiou a produtividade de grãos conforme as doses utilizadas na ausência da inoculação de *Bacillus subtilis*.

REFERÊNCIAS

- ABD EL-DAIM, I. A.; BEJAI, S.; FRIDBORG, I.; MEIJER, J; Identifying potential molecular factors involved in *Bacillus amyloliquefaciens* 5113 mediated abiotic stress tolerance in wheat. **Plant Biol Journal**, v.20, n.2, p.271-279, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v.26, n.1, p. 1-20, 2014.
- AHMAD, M.; AHMAD, I.; HILGER, T. H.; NADEEM, S. M.; AKHTAR, M. F.; JAMIL, M.; HUSSAIN, A.; ZAHIR, Z. A. Preliminary study on phosphate solubilizing *Bacillus subtilis* strain Q3 and *Paenibacillus sp.* strain Q6 for improving cotton growth under alkaline conditions. **PeerJ**. v.6, n.4, p.1-22, 2018.
- AQUINO, J. P. A.; DE MACEDO JUNIOR, F. B.; ANTUNES, J. E. L.; FIGUEIREDO, M. D. V. B.; NETO, F. DE A.; DE ARAUJO, A. S. F. Plant growth-promoting endophytic bacteria on maize and sorghum. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v.49, e56241, p.1-9, 2019.
- ARAÚJO, F. F. D.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1558-1561, 2009.
- ARAÚJO, F. F. D.; GUABERTO, L. M.; SILVA, I. F. D. Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.521-527, 2012.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances. **Canadian Journal of Microbiology**, v.43, n.2, p.103-121, 1997.
- BATISTA, B. D.; BONATELLI, M. L.; QUECINE, M. C.; TSUI, S.; DAMASCENO, F. S.; Azevedo, J.L.; PIZZIRANI-KLEINER, A. A. Growth promotion and physiological changes of Maize (*Zea mays* L.) by Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria isolated from Guarana [*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke], a native tropical crop.. In: XXI Congresso Latinoamericano de Microbiologia (ALAM), 2012, Santos. In **anais...** XXI Congresso Latinoamericano de Microbiologia (ALAM), 2012.
- BULGARELLI, D.; GARRIDO-OTER, R.; MÜNCH, P. C.; WEIMAN, A.; DRÖGE, J.; PAN, Y.; SCHULZE-LEFERT, P. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley. **Cell host & microbe**, v.17, n.3, p.392-403, 2015.
- CANAL CLIMA. Dados climáticos diários: Estação Ilha Solteira. 2020. Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/recebe_formulario.php> . Acesso em: 10 nov. 2020.
- CATTELAN, A.J.; HARTEL, P.G.; FUHRMANN, J.J. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.63, p.1670-1680, 1999.

- CHANDRA, P.; TRIPATHI, P.; CHANDRA, A. Isolation and molecular characterization of plant growth-promoting *Bacillus spp.* and their impact on sugarcane (*Saccharum spp.* hybrids) growth and tolerance towards drought stress. **Acta Physiol Plant**, v.40, n.11, p.1–5, 2018.
- CHAUHAN, P. S.; LATA, C.; TIWARI, S.; CHAUHAN, A. S.; MISHRA, S. K.; AGRAWAL, L.; NAUTIYAL, C. S. Transcriptional alterations reveal *Bacillus amyloliquefaciens*-rice cooperation under salt stress. **Scientific reports**, v.9, n.1, p.1-13, 2019.
- CHATLI, A.S.; BERI, V.; SIDHU, B. S. Isolation and characterisation of phosphate solubilising microorganisms from the cold desert habitat of *Salix alba* Linn. in trans Himalayan region of Himachal Pradesh. **Indian Journal of Microbiology**, v. 48, n. 2, p. 267-273, 2008.
- CHOUDHARY, R. L.; KUMAR, D.; SHIVAY, Y. S.; ANAND, A.; NAIN, L. Yield and quality of rice (*Oryza sativa*) hybrids grown by SRI method with and without plant growth promoting rhizobacteria. **Indian Journal of Agronomy**, v.58, n.3, p.430-433, 2013.
- CIPRIANO, M. A. P.; LUPATINI, M.; LOPES-SANTOS, L.; DA SILVA, M. J.; ROESH, L. F. W.; DESTÉFANO, S. A. L.; FREITAS, S. S.; KURAMAE, E. E. Lettuce and rhizosphere microbiome responses to growth promoting *Pseudomonas* species under field conditions. **FEMS Microbiology Ecology**, v.92, n.12, p.1-13, a.197, 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB **Primeiro levantamento da safra 2019/20 de grãos indica produção de 245 milhões de t. 2019**. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3080-primeiro-levantamento-da-safra-2019-20-de-graos-indica-producao-de-245-8-milhoes-de-t>>. Acesso em: 16 out. 2020.
- COSTA, E. M.; CARVALHO, F.; ESTEVES, J. A.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. Resposta da soja a inoculação e co-inoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, p.1678-1689, 2014.
- COSTA, J. R. V.; ROSSI, J. R.; MARUCCI, S. C.; ALVES, E. C. C.; VOLPE, H. X. L.; FERRAUDO, A. S.; LEMOS, M.V. F.; DESIDÉRIO, J. A.; COSTA, J. R. V. Atividade tóxica de isolados de *Bacillus Thuringiensis* a larvas de *Aedes Aegypti* (l.) (diptera: culicidae). **Neotropical Entomology** (Impresso), v.39, p.757-766, 2010.
- DA SILVEIRA, A. P. D.; DOS SANTOS FREITAS, S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Instituto Agrônomo de Campinas, 2007. 317p.
- DAVEY, M. E.; O'TOOLE, G. A. Microbial biofilms: from ecology to molecular genetics. **Microbiology and molecular biology reviews**, v.64, n.4, p.847-867, 2000.
- DELANEY, T. P.; FRIEDRICH, L.; RYALS, J. A. Arabidopsis signal transduction mutant defective in chemically and biologically induced disease resistance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.92, n.14, p.6602-6606, 1995.
- DIAZ, P. A. E.; BARON, N. C.; RIGOBELLO, E. C. *Bacillus spp.* as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. **AUST J CROP SCI**, v. 13, p. 2003-2014, 2019.
- DIVISÃO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL- DATER. **BOLETIM DE RESULTADOS DA LAVOURA – SAFRA 2019/2020**. 2020. Disponível em:<<https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202008/19144808-boletim-de-resultados-da-lavoura-safra-2019-2020-irga.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2020.

EL-AKHDAR, I.; ELSAKHAWY, T.; ABO-KOURA, H.A. Alleviation of Salt Stress on Wheat (*Triticum aestivum* L.) by Plant Growth Promoting Bacteria strains *Bacillus halotolerans* MSR-H4 and *Lelliottia amnigena* MSR-M49. **Journal of Advances in Microbiology**, v.20, p.44-58, 2020.

EMMERT, E; HANDELSMAN, J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective. **FEMS Microbiology letters**, v. 171, n. 1, p. 1-9, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Esclarecimentos sobre uso de agrominerais silicáticos (remineralizadores) na agricultura**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/esclarecimentos-oficiais/-/asset_publisher/TMQZKu1jxu5K/content/esclarecimentos-sobre-uso-de-agrominerais-silicaticos-remineralizadores-na-agricultura?inheritRedirect=false>. Acesso em: 16 out.2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Origem e história do feijoeiro comum e do arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivar de Arroz - BRS Esmeralda**. 2012. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/174/arroz---brs-esmeralda>>. Acesso em: 16 out.2020.

ESTRADA, G. A.; VERA LUCIA DIVAN BALDANI; OLIVEIRA, D. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. **Plant and soil**, v.369, p.115-129, 2012.

EUGENIO, N. R.; MCLAUGHLIN, M.; PENNOCK, D. **La contaminacion del suelo: una realidad oculta**. Roma: Fao, 2019. 144p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2020.

FAN, B; BLOM, J; KLENK, H.P; BORRISS, R. *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus velezensis*, and *Bacillus siamensis* Form an “Operational Group *B. amyloliquefaciens*” within the *B. subtilis* Species Complex. **Frontiers In Microbiology**, v.8, p.1-15, 2017.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Arroz e nutrição**. Disponível em: <http://www.fao.org/rice2004/en/rice2.htm>. Acesso em: 18 out. 2020.

FASIM, F.; AHMED, N.; PARSONS, R.; GADD, G. M. Solubilization of zinc salts by a bacterium isolated from the air environment of a tannery. **FEMS Microbiology Letters**, v.213, p.1-6, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

FREI, M; BECKER, K. **On rice, biodiversity & nutrients**. 2004. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/legacy/Global/usa/planet3/PDFs/rice-biodiversity-nutrients.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.

FRITZ, L.; BERLITZ, D.; MACEDO, V.; MACHADO, V.; FIUZA, L. Frequência de *Bacillus* spp. em solos de diferentes sistemas de cultivo de arroz irrigado em Cachoeirinha, RS. **Bragantia**, v. 69, p. 405-412, 2010.

GLICK, B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v.2012, p.1-15, 2012.

GOMES, B. A.; ARF, O.; BUZO, F. S.; GARE, L. M.; NAYARA, F. S. G.; SALES, L. Z. S.; GATO, I. M. B.; BASSI, M. H. M.; MARTINS, J. O. M.; SILVA, P. H. G. Desempenho de cultivares de arroz inoculados com *Bacillus subtilis* em cultivo irrigado por aspersão. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2019, Balneario Camboriu - SC. **Anais ... XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**. Balneario Camboriu - SC: EPAGRI/SOSBAI, v.1, p.1-4, 2019.

GORDON, R. E.; HAYNES, W. C.; PANG, C. H. N. **The genus bacillus**. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, 1973.

HALLMANN, A. Q; KLOEPPER, J. W.; BENHAMOU, N. Bacterial endophytes in cotton: mechanisms of entering the plant. **Canadian journal of microbiology**, v.43, n.6, p.577-582, 1997.

HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo**. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29560/1/DOC325.2011.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

IDRISS, E. E.; MAKAREWICZ, O.; FAROUK, A.; ROSNER, K.; GREINER, R.; BOCHOW, H.; BORRIS, R. Extracellular phytase activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 contributes to its plant-growth-promoting effect. **Microbiology**, v.148, n.7, p.2097-2109, 2002.

JALAL, A.; GALINDO, F. S.; BOLETA, E. H. M.; OLIVEIRA, C. E. S.; REIS, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; MORETTI NETO, M. J.; MORTINHO, E. S.; FERNANDES, G. C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Common bean yield and zinc use efficiency in association with diazotrophic bacteria co-inoculations. **Agronomy-Basel**, v.11, p.959, 2021.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Int. Rice Res. Inst., 1993.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, N. **Avaliação do impacto de nutrientes do arroz nos principais países consumidores de arroz**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/y6159t/y6159t04.htm>>. Acesso em: 18 out. 2020.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture a review. **Agronomy for sustainable development**, v.27, n.1, p.29-43, 2007.

KHAN, N.; BANO, A. Modulation of phytoremediation and plant growth by the treatment with PGPR, Ag nanoparticle and untreated municipal wastewater. **International Journal Phytoremediation**, v.18, p.1258-1269, 2016.

KHUSH, G.S.; PAULE, C.M.; CRUZ, N.M. Rice grainquality evaluation and improvement at IRRI. In: **Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality**, p.21-31, 1979.

KNIEF, C.; DELMOTTE, N.; CHAFFRON, S.; STARK, M.; INNEREBNER, G.; WASSMANN, R.; VORHOLT, J. A. Metaproteogenomic analysis of microbial communities in the phyllosphere and rhizosphere of rice. **The ISME journal**, v.6, n.7, p.1378-1390, 2012.

KRIKORIAN, A. D. Medios de cultivo: generalidades, composición y preparación. **Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones**. Cali: CIAT, p.41-77, 1991.

- KUMAR, K. V. K.; YELLAREDDYGARI, S. K. R.; REDDY, M. S.; KLOEPPER, J. W.; LAWRENCE, K. S.; ZHOU, X. G.; SUDINI, H.; GROTH, D. E.; KRISHNAM RAJU, S.; MILLER, M. E. Efficacy of *Bacillus subtilis* MBI 600 Against Sheath Blight Caused by *Rhizoctonia solani* and on Growth and Yield of Rice. **Rice Science**, v.19, n.1, p.55–63, 2012.
- KUMAR, A.; VERMA, J. P. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review? **Microbiol Research**, v.207, p.41–52, 2018.
- LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. *Revista Tropica*, v.4, n.2, p.1-12, 2010.
- LIMA, F. F.; NUNES, L. A.; DO VB FIGUEIREDO, M.; DE ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; DE ARAÚJO, A. S. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.657-661, 2011.
- LU, H.; QI, X.; RAHMAN, S. U.; QIAO, D.; LI, P.; HAN, Y.; ZHAO, Z. Rice physiological response with *Bacillus subtilis* and *saccharomyces cerevisiae* inoculation into soil under reclaimed water-fresh water combined irrigation. **Water** (Switzerland), v.13, n.6, p.1-17, 2021.
- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual review of microbiology**, v.63, p.541-556, 2009.
- MALVIYA, M.K.; SHARMA, A.; PANDEY, A.; RINU, K.; SATI, P.; PALNI, L.M.S. *Bacillus subtilis* NRRL B-30408: A potential inoculant for crops grown under rainfed conditions in the mountains. **Journal of soil science and plant nutrition**, v.12, n.4, p.811-824, 2012.
- MANTELIN, S; TOURAINÉ, B. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake. **Journal Of Experimental Botany**, v.55, n.394, p.27-34, 2003.
- MATSUMURA, A.T.S.; PAZ, I.C.P.; GUIMARÃES, A.M.; SILVA, M.E.; OTT, A.P.; DUARTE, V. Efeito de Três Formulações de *Bacillus amyloliquefaciens* ICBB200 sobre o Crescimento de Plantas de Alface (*Lactuca sativa* L.) em Cinco Condições Edafoclimáticas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, p.146-152, 2016.
- MELO, N. F. Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO CODA DE NUTRIÇÃO VEGETAL, p. Petrolina. Anais... Petrolina: CODA, 2002., 2002.
- MEZA, B.; BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Involvement of indole-3-acetic acid produced by *Azospirillum brasilense* in accumulating intracellular ammonium in *Chlorella vulgaris*. **Res. Microbiol**, v.166, p.72-83, 2015.
- MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.
- MORETTI, L.G.; CRUSCIOL, C. A. C.; KURAMAE, E. E.; BOSSOLANI, J. W.; MOREIRA, A.; COSTA, N. R.; ALVES, C.J.; PASCOALOTO, I. M.; RONDINA, A. B. L.; HUNGRIA, M. Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. **Agronomy Journal**, v.112, p.418-428, 2020. DOI: 10.1002/agj2.20010

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2ª ed. Associação Brasileira de Pesquisa de Potássio e Fósforo, Piracicaba.

MELO, I. S.; VALDEBENITO, S. R. M. **Produção de sideróforos por rizobactérias**. Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE), 2007.

MORRISSEY, J.; GUERINOT, M. L. Iron uptake and transport in plants: the good, the bad, and the ionome. **Chemical reviews**, v.109, n.10, p.4553-4567, 2009.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal**. Embrapa Agrobiologia-Documents (INFOTEC-E), 2003.

OLIVEIRA, ZILDA M.; FLOH, ENY I. S.; FERRARA, FELIPE I. S.; BARBOSA, HELOIZA R. Diazotrophic rhizobacteria isolated from sugarcane can release amino acids in a synthetic culture medium. **Biology and Fertility of Soils**, v.47, p.957-962, 2011.

PANKIEVICZ, V. C. S.; AMARAL, F. P.; SANTOS, K. F. D. N.; AGTUCA, B.; XU, Y.; SCHUELLER, M. J.; ARISI, A. C. M.; STEFFENS, M. B. R.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O.; STACEY, G.; FERRIERI, R. A. Robust biological nitrogen fixation in a model grass-bacterial association. **Plant Journal**, v.81, p.907-919, 2015.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado. **Caatinga**, v.20, n.1, p.43-48, 2007.

PEREIRA, N. C. M.; GALINDO, F. S.; GAZOLA, R. P. D.; DUPAS, E.; ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Corn yield and phosphorus use efficiency response to phosphorus rates associated with plant growth promoting bacteria. **Frontiers Environ. Science**, v.8, a.40, 2020.

PETERSON, A.; BRIGULLA, M.; HAAS, S.; HOHEISEL, J. D.; VÖLKER, U.; HECKER, M. Global analysis of the general stress response of *Bacillus subtilis*. **Journal of bacteriology**, v.183, n.19, p.5617-5631, 2001.

PETRAS, S. F.; CASIDA, L. E. Survival of *Bacillus thuringiensis* Spores in Soil. **Appl Environ Microbiology**, v.50, n.6, p.1496-1501, 1985.

PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASI, N.; TERZANO, R.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. a review. **Biology And Fertility Of Soils**. v.51, n.4, p.403-415, 2015.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; BUZZETTI, S.; PORTUGAL, A. R. P.; GARCIA, N. F. S.; MEIRELLES, F. C.; GARÉ, L. M.; ABRANTES, F. L.; RODRIGUES, R. A. F. Do cover crops improve the productivity and industrial quality of upland rice? **Agronomy Journal**, v.112, n.1, p.327-343, 2020.

PRIEST, F.G.; GOODFELLOW, M.; SHUTE, L.A.; BERKELEY, R.C.W. *Bacillus amyloliquefaciens* sp. nov., nom. rev. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.37, n.1, p.69-71, 1987.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1996. 285p.

RAIS, A.; SHAKEEL, M.; MALIK, K.; HAFEEZ, F. Y.; YASMIN, H.; MUMTAZ, S.; HASSAN, M. N. Antagonistic *Bacillus* spp. reduce blast incidence on rice and increase grain yield under field conditions. **Microbiological Research**, v.208, p.54–62, 2018.

RATZ, R. J.; PALÁCIO, S. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; VICENTINO, R. C.; MICHELIM, H. J.; RICHTER, L. M. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **Engvista**, v.19, n.4, p.890-905, 2017.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. Tradução: Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017. 179p. Disponível em: <http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

REVA, O.N.; DIXELIUS, C; MEIJER, J; PRIEST, F.G. Taxonomic characterization and plant colonizing abilities of some bacteria related to *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis*. **Fems Microbiology Ecology**, v.48, n.2, p.249-259, 2004.

RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O. Manejo de água em cultivares de arroz de terras altas. I. Características fenológicas e agronômicas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 361-364.

RODRIGUEZ, H; GONZALEZ, T; GOIRE, I; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth promoting bacterium *Azospirillum* spp. **The Science Of Nature**, v.91, n.11, p.552-555, 2004.

ROVIRA, AD. Exsudatos de raízes de plantas. **The botanical review**, v.35, n.1, p.35-57, 1969.

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. **Life Sci Med Res**, v.21, n.1, p.1-30, 2011.

SAMPAIO, F. A. R.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; OLIVEIRA, C. E. S.; JALAL, A.; BOLETA, E. H. M.; LIMA, B. H.; ROSA, P. A. L.; GALINDO, F. S.; SOUZA, J. S. Nitrogen supply associated with rhizobacteria in the first productive cycle of Marandu grass. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v.24, p.429-439, 2021.

SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, HC de P.; FERREIRA, C. M. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 252 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/964487/1/500perguntasarroz.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, A. B.; SANTIAGO, C. M. **Informações Técnicas para a Cultura do Arroz Irrigado nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2014. 13 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/996801/informacoes-tecnicas-para-a-cultura-do-arroz-irrigado-nas-regioes-norte-e-nordeste-do-brasil>. Acesso em: 17 out. 2020.

- SANTOS, F.L.; SILVA, F.B.; SÁ, E.L.S.; VIAN, A.L.; MUNIZ, A.W.; SANTOS, R.N. Inoculation and co-inoculation of growth promoting rhizobacteria in irrigated rice plants. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, p.1-5, 2019.
- SARTORI, I. A.; GUERRA, D. S.; MARODIN, G. A. B. Aplicação de auxinas e incisão anelar em pessegueiros cv. sentinela. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.247-253, 2003.
- SCHWYN, B.; NEILANDS, J. B. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. **Analytical biochemistry**, v.160, n.1, p.47-56, 1987.
- SERRATO, R.V.; SASSAKI, G. L.; GORIN, P.A.J.; Cruz, L. M.; PEDROSA, F.; Choudhury B.; Carlson, R. W.; IACOMINI, M. Structural characterization of an acidic exoheteropolysaccharide produced by the nitrogen-fixing bacterium *Burkholderia tropica*. **Carbohydrate Polymers**, v.73, p.564-572, 2008.
- SHARMA, S.B.; SAYYED, R.Z.; TRIVEDI, M.H.; GOBI, T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v.2, n.1, p.1-14, 2013.
- SILVA, O.F.D. **A Árvore do Conhecimento Arroz-** Estatísticas de produção. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xezy8czjj.html>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C. Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.2, 140-145, 2019.
- SOUZA, R.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L.M.P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics And Molecular Biology**, v.38, n.4, p.401-419, 2015.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Auxin and plant-microbe interactions. **Cold Spring Harbor perspectives in biology**, v.3, n.4, p.1-13, a001438, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- VAN LOON, L. C.; BAKKER, P. A. H. M.; PIETERSE, C. M. J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual review of phytopathology**, v.36, n.1, p.453-483, 1998.
- VIEIRA JUNIOR, J. R., FERNANDES, C. D. F., ANTUNES JÚNIOR, H., da SILVA, M. S., da SILVA, D. S. G., & da SILVA, U. O. Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas. Embrapa Rondônia-**Documentos** 55 2013. 20p.
- WANG, S.; ZHU, Y.; JIANG, H.; CAO, W. Positional differences in nitrogen and sugar concentrations of upper leaves relate to plant N status in rice under different N rates. **Field Crops Research**, v.96, p.224-234, 2006.
- WOODWARD, A. W.; BARTEL, B. Auxin: regulation, action, and interaction. **Annals of botany**, v.95, n.5, p.707-735, 2005.
- XU, Y. B.; CHEN, M.; ZHANG, Y.; WANG, M.; WANG, Y.; HUANG, Q. B.; WANG, G. The phosphotransferase system gene ptsI in the endophytic bacterium *Bacillus cereus* is required for biofilm formation, colonization, and biocontrol against wheat sharp eyespot. **FEMS microbiology letters**, v.354, n.2, p.142-152, 2014.

ZHAO, L.; DENG, Z.; YANG, W.; CAO, Y.; WANG, E.; WEI, G. Diverse rhizobia associated with *Sophora alopecuroides* grown in different regions of Loess Plateau in China. **Systematic and applied microbiology**, v.33, n.8, p.468-477, 2010.