

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

FELIPPE BRETOS PRADEBON

INSUMOS BIOLÓGICOS NO CRESCIMENTO INICIAL DO TRIGO

**Itaqui
2022**

FELIPPE BRETOS PRADEBON

INSUMOS BIOLÓGICOS NO CRESCIMENTO INICIAL DO TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de (Agronomia) da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Luciana Zago Ethur

**Itaqui
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

P896i Pradebon, Felipe Bretos
Insumos Biológicos no Crescimento Inicial do Trigo /
Felipe Bretos Pradebon.
34 p.

Orientadora: Luciana Zago Ethur
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal do Pampa, Agronomia 2022.

1. Insumos Biológicos no Crescimento Inicial do Trigo.

FELIPPE BRETOS PRADEBON

INSUMOS BIOLÓGICOS NO CRESCIMENTO INICIAL DO TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 16 de dezembro de 2022.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Luciana Zago Ethur
Orientadora
Curso de Agronomia - Unipampa

Prof^a. Dr^a. Renata Silva Canuto de Pinho
Curso de Agronomia - Unipampa

Prof^a. Dr^a. Thais Fernanda Stella de Freitas
Curso de Agronomia - Unipampa

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela vida.

A minha família, minha mãe Juliani, meu pai Marcos, minha irmã Elis, a minha tia Fabiani por toda ajuda neste trabalho e durante a faculdade e aos meus demais tios.

A Prof. Dra. Luciana Zago Ethur por aceitar ser minha orientadora, por todos ensinamentos, dedicação, paciência e orientação na produção deste trabalho.

A todos os professores que contribuíram com ensinamentos durante minha formação.

Aos professores componentes da banca Prof^a. Dr^a. Renata Silva Canuto de Pinho e Prof^a. Dr^a. Thais Fernanda Stella de Freitas.

A todos os colegas de curso, especialmente Fabiani Moro, Ligiana Bartmer, Arthur Felipe e Bernardo Gadea.

“As grandes idéias surgem da observação dos pequenos detalhes”.

Augusto Cury

RESUMO

INSUMOS BIOLÓGICOS NO CRESCIMENTO INICIAL DO TRIGO

Felippe Bretos Pradebon

Orientadora: Luciana Zago Ethur

Local e data: Itaqui, 05 de novembro de 2022

Os insumos biológicos à base de bactérias promotoras de crescimento geram estímulos nas plantas, por mecanismos como produção de fitormônios, solubilização de fosfatos, antagonismo a fitopatógenos, entre outros, sendo uma tecnologia sustentável e que pode proporcionar a redução de fertilizantes químicos. Objetivou-se nesse trabalho analisar o efeito de insumos biológicos a base de espécies de *Bacillus* e de *Azospirillum brasilense* no crescimento inicial do trigo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições, sendo que cada repetição conteve 25 plantas. Os tratamentos foram sem inoculação de bactérias (controle); tratamento de semente com *Azospirillum brasilense*; tratamento de semente com *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus* (Biotrio); tratamento de sementes com Biotrio e *Azospirillum brasilense*. Após receberem o devido tratamento com os insumos biológicos, foram semeadas 25 sementes em caixas acrílicas do tipo *gerbox* contendo solo peneirado, totalizando 125 plantas por tratamento. A avaliação ocorreu 30 dias após a semeadura, sendo realizadas as avaliações de: comprimento de parte aérea, comprimento da raiz, número de folhas, comprimento da maior folha, massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz. De acordo com os resultados observados, para número de folhas não ocorreu diferença significativa, sendo que a média dos tratamentos ficou em 3,8 folhas, por planta. Para comprimento da maior folha, sementes tratadas com *A. brasilense* apresentaram menor média (22,12 cm), mas quando tratadas com o Biotrio + *A. brasilense*, o aumento foi de 8,6% (24,20 cm), sendo o melhor tratamento. Para comprimento de parte aérea, sementes tratadas com Biotrio + *A. brasilense* (30,62 cm) foram superiores aos demais tratamentos em até 9,9%, e para comprimento de raiz, também o tratamento com Biotrio + *A. brasilense* foi superior (38,67 cm) aos demais tratamentos em até 45%, porém não diferiu dos tratamentos controle (29,85 cm) e com Biotrio (29,24 cm). Para massa fresca de parte aérea não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, com média geral de 0,32g por planta, porém para massa seca de parte aérea as sementes tratadas com Biotrio (0,042 g) e com Biotrio + *A. brasilense* (0,040 g) foram superiores aos demais tratamentos. Para massa fresca (0,27g) e massa seca (0,036 g) de raiz, o tratamento com Biotrio + *A. brasilense* apresentou médias superiores ao tratamento apenas com *A. brasilense*, de 55 % e 44 %, respectivamente, embora não tenha diferido dos tratamentos controle e com Biotrio. Conclui-se que o tratamento de sementes de trigo com o insumo biológico a base de espécies de *Bacillus* (Biotrio) associado ao insumo com *A. brasilense* trouxe benefícios para o crescimento inicial do trigo.

Palavras chaves: Bactérias promotoras de crescimento; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; *B. amyloliquefaciens*; *B. pumilus*.

ABSTRACT

Felippe Bretos Pradebon

Advisor: Luciana Zago Ethur
Place and date: Itaquí, November 05, 2022.

Biological inputs in initial growth of wheat

Biological inputs based on growth-promoting bacteria generate stimuli in plants, through mechanisms such as production of phytohormones, phosphate solubilization, phytopathogen antagonism, among others, being a sustainable technology that can provide the reduction of chemical fertilizers. The objective of this work was to analyze the effect of biological inputs based on *Bacillus* and *Azospirillum brasilense* species on the initial growth of wheat. The experimental design was completely randomized, with 4 treatments and 5 repetitions, with each repetition containing 25 plants. The treatments were organized as follows: without inoculation of bacteria (control); seed treatment with *Azospirillum brasilense*; seed treatment with *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus* (Biotrio); Seed treatment with Biotrio and *Azospirillum brasilense*. After receiving the proper treatment with biological inputs, 25 seeds were sown in acrylic *gerbox* boxes containing sieved soil, totaling 125 plants per treatment. The evaluation took place 30 days after sowing, and the following evaluations were carried out: shoot length, root length, number of leaves, length of the largest leaf, shoot fresh mass and root fresh mass, shoot dry mass and from the root. According to the observed results, for the number of leaves there was no significant difference, and the average of the treatments was 3.8 leaves per plant. For the length of the largest leaf, seeds treated with *A. brasilense* had a lower average (22.12 cm), but when treated with Biotrio + *A. brasilense*, the increase was 8.6% (24.20 cm), being the best treatment. For shoot length, seeds treated with Biotrio + *A. brasilense* (30.62 cm) were superior to the other treatments by up to 9.9%, and for root length, the treatment with Biotrio + *A. brasilense* was also superior (38.67 cm) to the other treatments by up to 45%, but did not differ from the control (29.85 cm) and Biotrio (29.24 cm) treatments. For shoot fresh mass, there were no significant differences between treatments, with a general average of 0.32g per plant, but for shoot dry mass, seeds treated with Biotrio (0.042 g) and with Biotrio + *A. brasilense* (0.040 g) were superior to the other treatments. For fresh mass (0.27g) and dry mass (0.036 g) of root, the treatment with Biotrio + *A. brasilense* presented higher averages than the treatment with *A. brasilense* alone, of 55 % and 44 %, respectively, although it did not differ of the control and Biotrio treatments. Concludes that the treatment of wheat seeds with the biological input based on *Bacillus* species (Biotrio) associated with the input *Azospirillum brasilense* brought benefits to the initial growth of wheat.

Keywords: Growth promoting bacteria; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; *B. amyloliquefaciens*; *B. pumilus*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plantas após 1 semana da sementeira.....	23
Figura 2 – Plantas após remoção das <i>gerbox</i>	24

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 – BPC, dose recomendada.....	22
Tabela 1 – Ação dos tratamentos sobre comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), número de folhas e comprimento da maior folha (CMF).....	25
Tabela 2 – Ação dos tratamentos sobre a matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria fresca de raiz (MFR), matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR).....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO.....	13
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A Cultura do Trigo	14
2.2 Bactérias Diazotróficas	15
2.3 Bactérias Promotoras de Crescimento.....	17
2.3.1 Regulação de Crescimento Via Hormônios Vegetais	18
2.3.2 Solubilização de Fosfatos	19
2.3.3 Produção de Sideróforos	20
2.3.4 Tolerância à Estresses	20
3 METODOLOGIA	22
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
5 CONCLUSÃO	29
6 REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

O Trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell) é uma cultura de inverno, da família Poaceae, sendo o segundo cereal mais produzido no mundo, porque é colhido e transformado em farinha e dessa forma é à base de muitos alimentos. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2022) indica produção global de 778,6 milhões para 2020/21. Segundo dados da CONAB (2022) a safra deve totalizar 773,6 milhões de toneladas, ambas as organizações estimam produções semelhantes. Os principais Estados produtores brasileiros estão no sul e sudeste, o Brasil apresenta uma produção anual que varia entre cinco e seis milhões de toneladas, sendo necessário importar cerca de 50% do que é consumido. Assim é de interesse do país o aumento de produção do trigo e o desenvolvimento de novas tecnologias para o cultivo. A produção no ano 20/21 foi de 6,23 milhões de toneladas e o consumo 11,89 milhões de toneladas, sendo importado pouco mais de 6 milhões de toneladas. Em 21/22 a produção 7,67 milhões de toneladas e o consumo estimado de 12,14 milhões de toneladas, (CONAB, 2022).

Conforme Epagri/Cepa as estimativas de custo operacional no trigo apontam para um aumento de 45,45% em 2021, no mês de abril de 2020 o desembolso foi de R\$ 3.317,20/ha, com custo operacional estimado, em abril de 2021, de R\$ 4.827,41/ha. Já os fertilizantes correspondem a cerca de 33% dos custos variáveis de produção (CONAB, 2021).

Segundo OSAKI, M. (2022) pesquisador da área de Custos Agrícolas do Cepea, no trigo, os aumentos nos gastos com fertilizantes foram de 31,2% em 2022. Entre março de 2021 e março de 2022, os aumentos são de 94%. Quanto à relação de troca, para cobrir o custo com fertilizantes por hectare no trigo era necessário 15,7 sacas em março de 2021, subindo para 24,6 sacas em março de 2022.

O uso de bactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus* (biotrio) pode reduzir a necessidade de aplicação de insumos químicos, principalmente a utilização de fertilizantes, diminuir estresses bióticos e abióticos e proporcionar incremento na produção (CORASSA et al., 2013).

As bactérias promotoras de crescimento geram diferentes estímulos nas plantas, além da fixação biológica de N, como a produção de hormônios vegetais, auxinas, giberelinas e citocininas (CAVALLET et al. 2000); (BASHAN Y, DE-BASHAN L. E., 2010), melhorias nos parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo

o teor de clorofila (BARASSI et al., 2008), e no potencial hídrico, com a absorção de água e minerais, gerando aumento na tolerância a estresses como salinidade e seca. Geram maior vigor as plantas, incremento no teor de água do apoplasto e maior elasticidade da parede celular. Outros mecanismos, como a solubilização de fosfatos, produção de antibióticos e sideróforos, ação antagônica sobre patógenos, tolerância a metais pesados e ação biorremediadora (MARINO e FREITAS, 2005; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; MOREIRA et al., 2008; PANIZZON et al., 2016).

Os *Bacillus* têm se destacado na utilização contra patógenos, sendo efetivos na prevenção e controle de doenças. Atuam inibindo a germinação de esporos o crescimento do tubo germinativo e micelial dos patógenos, bloqueando o ataque do patógeno à superfície foliar pela formação de uma zona de inibição e também por indução de resistência no hospedeiro, ativando o sistema de defesa da planta (D'AGOSTINO e MORANDI., 2008).

A utilização da fixação biológica do N atmosférico em leguminosas tem se destacado como alternativa para a redução da aplicação de N sem comprometer a sua produtividade (RODRIGUES et al., 2014). Isso pode ocorrer para as poáceas, mesmo que não seja tão significativo como a simbiose das leguminosas, a relação entre o trigo e bactérias do gênero *Azospirillum* é associativa, excretando somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada (FUKAMI et al., 2016), entretanto é importante compreender que o processo de fixação biológica por essas bactérias consegue suprir parcialmente as necessidades de nitrogênio das plantas (HUNGRIA, 2011).

Assim as bactérias promotoras de crescimento, incluindo a fixação biológica do nitrogênio, podem ser alternativas viáveis para melhorar a produtividade do trigo e reduzir o uso de produtos químicos, como os fertilizantes.

1.1 OBJETIVO

Analisar o efeito de insumos biológicos a base de espécies de *Bacillus spp.* e de *Azospirillum brasilense* no crescimento inicial do trigo.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura do Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais produzidos no mundo e, devido ao seu aprimoramento genético, possui ampla adaptação edafoclimática. O aumento da produção de grãos nos últimos anos ocorreu devido à introdução de novas cultivares com maior potencial de rendimento. A seleção de cultivares com alto potencial produtivo, elevada estabilidade de produção, alta capacidade de adaptação às condições ambientais, aliada a questões de estatura, ciclo, resistência a pragas e doenças, qualidade nutricionais e industriais, são os principais objetivos da maioria dos programas de melhoramento genético (CONAB, 2017). Em 1940, foi lançada a cultivar Frontana (BECKMAN, 1965), considerada até hoje a maior contribuição do melhoramento genético nacional para o trigo no mundo, principalmente pela resistência da planta adulta à ferrugem da folha, à debulha e à germinação na espiga (SOUSA, 2004).

Desde a introdução do trigo no Brasil, e posteriormente no Rio Grande do Sul, o desenvolvimento de novas cultivares mais produtivas, adaptadas às condições locais e tolerantes a estresses bióticos e abióticos foi muito importante na evolução da cadeia produtiva. A partir da cultivar Frontana, reuniu-se várias características desejáveis como tolerância ao crestamento (distúrbio causado pela toxidez por alumínio no solo), resistência à germinação na espiga, porte mais baixo, maior precocidade e resistência a ferrugem, sendo base para surgimento de outras cultivares, outro aspecto importante na seleção de cultivares foram o aumento no rendimento e tolerância a doenças (CONAB, 2017).

Segundo EMBRAPA (2017) outro importante componente são os fertilizantes que tem a maior participação na produção do trigo. Em estudo realizado obteve-se que o melhor resultado na adubação foi alcançado com 83 kg/ha de N, o que produziu 3.410 kg/ha no rendimento de grãos. Além da ampliação da prática no uso de fertilizantes, os dados apontam o aumento da dose aplicada, sendo que doses acima de 100 kg/ha de ureia foram utilizadas em 50% da área de trigo monitorada na safra 2014. Segundo CONAB (2018) que avaliou o custo de safras entre 2009 e 2017 em Passo fundo e Cruz Alta no RS, demonstrou que os fertilizantes tiveram

uma participação média de 30,16% e 29% respectivamente, representando uma média de custos no RS.

De acordo com o relatório de insumos agropecuários da CONAB (2022) a formulação 5-20-20, por exemplo, estava custando no RS em janeiro de 2021, R\$2.450,00 e em março de 2022 passou para um valor de R\$5.147,50 a tonelada. O nitrogênio é o principal limitante da produção de poáceas de alto rendimento de grãos, portanto a adubação nitrogenada é fundamental, mas também é responsável pelo elevado custo da produção agrícola (MELLO, 2012). Contudo a elevada adubação pode produzir efeitos negativos para o solo, sendo fundamental buscar alternativas para redução de fertilizantes, tanto pela preservação ambiental como pela redução de custos, sendo as bactérias promotoras de crescimento uma alternativa eficiente e sustentável para o incremento na produção.

2.2 Bactérias Diazotróficas

As bactérias diazotróficas são capazes de reduzir o N_2 à amônia e outras formas combinadas de N para melhor absorção pelas plantas ou para seu próprio metabolismo através de um mecanismo enzimático que envolve a nitrogenase, principal enzima na fixação biológica de N (PINTO, 2017). O N atmosférico não é utilizado por nenhum animal ou planta como nutriente, devido à tripla ligação existente entre dois átomos do elemento, no entanto consegue ser aproveitado pelas bactérias diazotróficas, que conseguem romper a tripla ligação do N atmosférico e reduzi-la a amônia (HUNGRIA et al., 2007).

A nitrogenase é um complexo enzimático que gera reações redox através de complexos proteicos formados por ferro e molibdênio, capaz de reduzir o nitrogênio atmosférico para a forma inorgânica combinada, a amônia (NH_3) assimilável para plantas (MOREIRA.; SIQUEIRA, 2006).

Por se tratar de uma sequência de reações redox e necessidade de transporte de elétrons, o complexo enzimático nitrogenase apenas trabalha de forma eficiente em condições de baixa disponibilidade de oxigênio, mas mesmo que não ocorra à ação da fixação biológica do nitrogênio (FBN), as bactérias seguem promovendo incremento no desenvolvimento e produtividade das culturas (GUIMARÃES, et al., 2018).

Baseado em técnicas moleculares e de sequenciamento genético, aliado a testes in vitro, determinou-se que em condições de pouco oxigênio as bactérias apresentam maior motilidade e alta atividade da nitrogenase (GUIMARÃES, et al., 2018). Porém em condições de elevados níveis de oxigênio a atividade nitrogenase pode ser inibida reduzindo a capacidade da FBN (MONTEIRO et al., 2008).

Embora os diazotróficos tenham mecanismos para proteger o sítio da nitrogenase do oxigênio, seja por consumo do oxigênio excedente, barreiras à difusão, proteção respiratória onde as células são capazes de ajustar até certo nível seu coeficiente respiratório, de modo a manter a concentração de O₂ na superfície da célula igual a zero, a produção de polissacarídeos extracelulares ou exopolissacarídeos, que formam uma cobertura protetora das células, limitando o acesso ao oxigênio. Ainda a locomoção das células, mais comum em *Azospirillum spp.* que têm movimento ondulatório rápido e característico que lhes permite locomover-se até sítios onde a presença de O₂ é baixa, sendo adequada para respiração e sem excessos que possam afetar a nitrogenase (MOREIRA.; SIQUEIRA, 2006).

2.3 Bactérias Promotoras de Crescimento

Bactérias promotoras de crescimento (BPC), ou bactérias promotoras de crescimento de plantas, podem se estabelecer na rizosfera como microrganismos de vida livre, assim como colonizar a superfície das raízes e tecidos internos das plantas (BALDANI e BALDANI, 2005; HUNGRIA, 2011), se associam a diversas espécies de plantas em diferentes graus de especificidade, denominando-se bactérias associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA et al., 2007). Apresentam motilidade guiada por mecanismos de localização quimiotática para ácidos orgânicos, aminoácidos, triptofano, enzima ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) e açúcares exsudados pelas raízes (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000).

As BPCV apresentam efeitos, como a solubilização de nutrientes, principalmente o fósforo, produção de sideróforos e antibióticos (LUZ, 1996), produção de fitohormônios, como auxinas, citocininas e giberilinas e a inibição da síntese de etileno (GLICK, 2012), inibição da atividade patogênica e tolerância a estresses (COMPANT; CLÉMENT; SESSITSCH, 2010).

As BPC podem promover resistência sistêmica induzida, que ocorre quando as plantas ativam seus mecanismos de defesa em resposta à infecção por um agente patogênico, e atuam na fortificação das paredes celulares, produção de antibióticos que previnem a ação contra fungos patogênicos, produzindo enzimas que incluem quitinases, celulasas, glucanases, proteases e lipases (GLICK, 2012), que atuam principalmente na degradação da parede celular.

Os mecanismos relacionados à capacidade protetiva podem envolver a competição, antibiose, relacionadas à produção de policetídeos e peptídeos antimicrobianos que causam disfunções na membrana citoplasmática, inibição da síntese da parede celular ou afetam a atividade enzimática dos patógenos, a modulação dos mecanismos de defesa vegetal, produção de enzimas hidrolíticas e de metabólitos, como compostos orgânicos voláteis e na interferência de sinal do quorum sensing relacionada à expressão de genes de virulência e disseminação por fitopatógenos. (RIBEIRO, 2019).

2.3.1 Regulação de Crescimento Via Hormônios Vegetais

As BPC tem função de produção e excreção hormonal, destacando-se as auxinas, giberelinas e citocininas (BASHAN et al., 2004; MASCIARELLI et al., 2013; GLICK, 2014) redução dos níveis de etileno, devido à ação da enzima ACC deaminase, modificando rotas metabólicas que dariam origem ao hormônio gasoso no vegetal para a bactéria (BLAHA et al., 2006.; GLICK, 2012). O etileno atua na regulação de processos como a germinação de sementes, expansão celular, indução floral, senescência, abscisão foliar e floral, abscisão e amadurecimento de frutos, além de respostas aos estresses bióticos e abióticos, que podem promover aumento de etileno e gerar o chamado estresse do etileno, que diminui o crescimento de raízes, causa a senescência, abscisão e perda de clorofila (GLICK, 2005; GLICK et al., 2007).

Desse modo ao invés da enzima ACC ser utilizada pela ACC oxidase na síntese do etileno, ela passa a ser usada pela ACC deaminase, diminuindo a concentração de etileno e seus efeitos negativos, gerando maior tolerância ao estresse (FERREIRA, 2020).

As auxinas são hormônios vegetais originárias do aminoácido triptofano, sendo a auxina natural chamada de ácido indol-3-acético (AIA) (SILVEIRA, 2008). A habilidade para sintetizar fitohormônios é amplamente distribuída entre bactérias associadas a plantas, 80% dos isolados bacterianos de rizosferas são capazes de produzir (AIA) (ZAKHAROVA et al., 1999).

O triptofano exsudado pela planta é absorvido pelas bactérias e é usado como um precursor na síntese do ácido indol-3-acético (AIA). Parte do (AIA) sintetizado pela bactéria é absorvido pela planta estimulando a proliferação e alongamento de células, o AIA também pode estimular a atividade da enzima ACC sintase, parte do ACC produzido pela planta pode ser exsudado e absorvido pelas bactérias, que o convertem em amônia e α -cetobutirato por meio da ação da enzima ACC deaminase, sendo uma fonte de nitrogênio, favorecendo as bactérias e seu desenvolvimento (FERREIRA, 2020).

Tien e colaboradores (1979), demonstraram que *Azospirillum brasilense*, quando exposto ao triptofano, produz (AIA) e ácido láctico, assim como o *Bacillus* spp., que também produz quantidades significativas de (AIA).

Os fitohormônios auxiliam na divisão celular vegetal, extensão e diferenciação, estimulam a germinação de sementes, aumentam a taxa de desenvolvimento do xilema e da raiz, estimulam processos de crescimento vegetativo, a formação de raízes laterais e adventícias, melhoram a fotossíntese, a formação de pigmentos e a biossíntese de vários metabólitos (GLICK, 2012). Gerando diferentes mecanismos de proteção e resistência a estresses, como encharcamento, alta salinidade, seca, presença de patógenos fúngicos e bacterianos, danos causados por nematoides, baixas temperaturas, entre outros (GLICK, 2014).

2.3.2 Solubilização de Fosfatos

A adubação com fósforo é uma prática comum em solos agrícolas, mas, a grande parte do fósforo aplicado acaba se tornando indisponível para as plantas, por ser rapidamente imobilizado por íons de ferro e alumínio em solos ácidos e por íons de cálcio em solos alcalinos (MOREIRA et al., 2010).

As bactérias podem solubilizar fósforo (P) de frações insolúveis no solo e de fosfatos inorgânicos naturais pouco solúveis. Sua solubilização pode resultar da produção de CO_2 e de ácidos orgânicos oriundos da mineralização de carbono orgânico, ou da produção de enzimas e de compostos quelantes e complexantes pela microbiota, exercendo ação solubilizadora direta sobre os fosfatos inorgânicos, transformando CO_2 em H_2CO_3 (ácido carbônico), que solubiliza fosfatos de cálcio e magnésio (GUIMARÃES et al., 2018). Sendo o P um elemento nutricional essencial para o crescimento das plantas, a adição de fertilizantes fosfatados é uma prática comum na agricultura moderna. Entretanto, uma grande porção do fosfato inorgânico solúvel aplicado ao solo como fertilizante é rapidamente imobilizada pelo ferro, alumínio ou cálcio, logo depois da aplicação, tornando-se, assim, indisponível para as plantas (HOLFORD, 1997).

Microrganismos presentes no solo são capazes de solubilizar fosfato mineral insolúvel pela produção de vários ácidos orgânicos que acidificam o solo, liberando íons ortofosfato solúveis, que podem ser captados pelas plantas (JONES, 1998). Adicionalmente, tais microrganismos são capazes de solubilizar compostos orgânicos fosfatados pela liberação de enzimas fosfatases (GARCIA et al., 1992).

2.3.3 Produção de Sideróforos

Algumas BPC podem secretar moléculas que se ligam ao ferro com uma alta afinidade, denominadas de sideróforos (GRAY E SMITH, 2005). Embora o ferro seja um dos minerais mais abundantes na Terra, ele está relativamente indisponível no solo para a assimilação direta pelos microrganismos. Os sideróforos se ligam ao ferro e são transportados de volta à célula microbiana, assim o ferro fica disponível para o crescimento da bactéria (DOBBELAERE et al., 2003).

Essa ligação ferro-sideróforo também impede a proliferação de patógenos, devido ao sequestro do ferro do meio ambiente, ao contrário dos fitopatógenos, as plantas não são prejudicadas com a depleção de ferro pelas BPCV. As plantas então podem capturar o complexo ferro-sideróforo bacteriano, transportando-o para dentro de suas células, onde o ferro é liberado do sideróforo e fica disponível para o metabolismo celular da planta (CROWLEY et al., 1988).

Os sideróforos são definidos como moléculas quelantes, de baixo peso molecular e considerados compostos importantes relacionados à promoção do crescimento de plantas, (EMBRAPA, 2018).

2.3.4 Tolerância à Estresses

Para os vegetais tolerarem estresses ambientais ocorrem diferentes respostas fisiológicas, bioquímicas e morfológicas (GUIMARÃES et al., 2018).

Segundo Embrapa (2019), que testou 28 bactérias do gênero *Bacillus*, demonstrou alternativas para mitigar os efeitos da seca em plantas, devido a produção de substâncias como os exopolissacarídeos (EPS) e biofilmes que auxiliam as plantas contra a perda de água.

Os EPS são carboidratos de alto peso molecular ligados à superfície externa das bactérias, relacionados à formação de biofilmes, à fixação das células bacterianas em raízes de plantas e partículas do solo.

Devido os EPS serem compostos hidratados, eles podem aumentar o crescimento e garantir a sobrevivência das plantas sob estresse hídrico (NOCKER et al., 2012). Podem proteger a planta contra a dessecação devido a formação de biofilmes hidrofílicos na superfície da raiz (ROSSI et al., 2012).

Os biofilmes microbianos incluem inúmeras camadas de bactérias de espécies iguais ou distintas incorporadas em uma matriz de EPS, proteínas ou polissacarídeos, ligados aos poros e redes formados pelas proteínas constituintes da matriz extracelular (DENG et al., 2015). A diferença entre as bactérias produtoras desses dois compostos se dá pela necessidade de algumas substâncias estarem presentes para a formação do biofilme, como proteínas extracelulares (EMBRAPA, 2019).

A produção de EPS e biofilme por bactérias é importante, pois aumenta a permeabilidade e a agregação do solo, mantendo alto potencial de água próximo às raízes (ALAMI et al., 2000) preservando a absorção de água e nutrientes e a tolerância a estresses.

Os microambientes fornecidos pelos EPS retêm a água e desidratam mais lentamente que o ambiente circundante, protegendo assim as bactérias e as raízes das plantas contra a dessecação (EMBRAPA, 2019).

Segundo Pereira (2018) vários mecanismos vêm sendo propostos para explicar a indução de resistência à seca, podendo incluir, atividade fitohormonal, volatilização de compostos, alterações morfológicas da raiz, ativação de ACC deaminase, defesa antioxidante.

O incremento da enzima ACC deaminase permite que órgãos debilitados tenham mais tempo para translocar suas reservas a outras regiões, devido à redução da atividade do etileno (GLICK, 2014), ocorre também à elevação da concentração de clorofila e proteção à degradação por pigmentos fotoprotetores, relacionados ao aumento de citocininas (BASHAN et al., 2006).

Além de outros mecanismos gerados pela regulação dos fitohormônios já relatados anteriormente, redução de etileno e os demais mecanismos que em conjunto atuam no aumento da tolerância a estresses.

3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia do Solo da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)/Campus Itaqui.

Para o experimento foram utilizadas sementes de trigo da cultivar TBIO ponteiro sem tratamento químico fornecidas pela empresa AGROVIT.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições, sendo cada repetição composta por uma *gerbox* com 25 plantas. Os tratamentos foram organizados da seguinte forma: sem inoculação de bactérias (controle) (T1); tratamento de sementes com *Azospirillum brasilense* (T2); tratamento de semente com *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus* (Biotrio) (T3); tratamento de sementes com Biotrio e *Azospirillum brasilense* (T4).

As sementes foram tratadas com Azotrop que é um inoculante que contém *Azospirillum brasiliense* estirpes AbV5 e AbV6 e Biotrio, ambos inoculantes recomenda-se o uso de 2 mL/kg de semente (Quadro 1). Os tratamentos continham 125 sementes, que totalizaram peso de 6 g, assim a dose utilizada foi de 0,012 mL de inoculante para cada tratamento. As sementes foram contadas e colocadas em sacos plásticos, sendo que após receberem a dose indicada para cada tratamento, as mesmas foram misturadas, procurando homogeneizar para que todas as sementes recebessem o produto.

Quadro 1. Bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) utilizadas no tratamento de sementes de trigo da cultivar TBIO ponteiro.

Tratamentos	BPCP	Dose/kg de semente
T1 (controle)	-	-
T2	<i>Azospirillum brasilense</i>	2 mL/kg
T3 (Biotrio)	<i>Bacillus pumilus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	2 mL/kg
T4	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus pumilus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	2mL/kg + 2mL/kg

Após receberem o devido tratamento com os insumos biológicos ou não (controle), foram semeadas 25 sementes em caixas acrílicas do tipo *gerbox* contendo em média de 420g de solo peneirado, totalizando 125 plantas por tratamento. O solo classificado como plintossolo argilúvico, foi coletado na área experimental do Campus, apresentando as seguintes características, pH 5,3, MO 1,8%, argila 24%, Ca 2,7 cmol_cdm^3 , Mg 0,9 cmol_cdm^3 , Al 0,2 cmol_cdm^3 , K 36 mg/dm^3 , H+Al 2,8 cmol_cdm^3 , CTC efetiva 3,9 cmol_cdm^3 , CTC pH7 6,5 cmol_cdm^3 , índice SMP 6,4.

As *gerbox* foram mantidas sobre bancada em ambiente protegido e irrigadas diariamente (Figura 1).



Figura 1 – 1 semana após semeadura. (Fonte: autor)

A avaliação ocorreu após 30 dias da semeadura (Figura 2), quando as plantas foram retiradas e realizadas as avaliações das seguintes variáveis: comprimento de parte aérea, comprimento da raiz, número de folhas, comprimento da maior folha, massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz. As plantas foram partidas na região do colo e após a pesagem, colocadas em estufa de circulação de ar até peso constante, quando foi avaliado a massa seca da parte aérea e da raiz.



Figura 2 – Plantas de trigo após remoção das *Gerbox*. (Fonte: autor)

As médias das variáveis avaliadas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o uso do programa SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes analisados mesmo que na fase inicial da cultura do trigo são fundamentais. Plantas jovens sadias geralmente estão relacionadas com uma produção elevada, pois se trata da qualidade das plantas e sua capacidade produtiva.

De acordo com os resultados observados, para número de folhas não ocorreu diferença significativa, sendo que a média dos tratamentos ficou em 3,8 folhas, por planta (Tabela 1). Porém para comprimento da maior folha, sementes tratadas apenas com *A. brasilense* apresentaram menor média (22,12 cm), mas quando tratadas com o Biotrio + *A. brasilense*, o aumento foi de 8,6% (24,20 cm), sendo o melhor tratamento.

Tabela 1. Comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), número de folhas e comprimento da maior folha (CMF) de plantas de trigo, cultivadas com sementes tratadas com insumos biológicos, em ambiente protegido, aos 30 dias após a semeadura. Itaqui – RS, 2022.

Tratamento	CPA (cm)	CR (cm)	Folhas (nº)	CMF (cm)
1- Sem inoculação de bactérias	28,64 b*	29,85 ab	3,8 a	23,54 ab
2 – Sementes com <i>Azospirillum brasilense</i>	27,59 b	21,18 b	3,7 a	22,12 b
3 – Sementes com Biotrio**	28,96 b	29,24 ab	3,8 a	23,45 ab
4 - Sementes com Biotrio e <i>A. brasilense</i>	30,62 a	38,67 a	3,9 a	24,20 a
Média	28,95	29,73	3,8	23,33
CV (%)	2,72	19,10	3,90	3,46

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

** Biotrio – insumo formulado com *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus pumilus*.

Para comprimento de parta aérea, sementes tratadas com Biotrio + *A. brasilense* (30,62 cm) foram superiores aos demais tratamentos em até 9,9%, assim como para comprimento de raiz, o tratamento com Biotrio + *A. brasilense* foi superior (38,67 cm) aos demais tratamentos em até 45%, porém não diferiu dos tratamentos controle (29,85 cm) e com Biotrio (29,24 cm) (Tabela 1). Para o crescimento inicial de plantas Turner e Blackman (1991) observaram que *Bacillus subtilis* promoveu

crescimento de plântulas de amendoim, gerando maior emergência e crescimento radicular.

Joo et al. (2004) observou crescimento de mudas de pimentão vermelho promovido por *Bacillus pumilus* pela produção de giberilinas, GA1, GA3, GA4 e GA20, resultando em aumentos no comprimento de parte aérea das mudas em 12% e na massa fresca da raiz das mudas em 20% que corroboram com os resultados deste trabalho.

Para massa fresca de parte aérea não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, com média geral de 0,32g por planta, porém para massa seca de parte aérea as sementes tratadas com Biotrio (0,042 g) e com Biotrio + *A. brasilense* (0,040 g) foram superiores aos demais tratamentos (Tabela 2).

Os resultados corroboram com Karnwal (2012) que isolou 15 cepas bacterianas devido à sua maior capacidade de produção de auxinas, sendo compostas de espécies de *Bacillus*, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Microbacterium sp.*, *Azotobacter diazotrophicus*. A maior concentração de AIA foi produzida pela estirpe bacteriana *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus sp.* Os resultados de experimentos em vasos mostraram que as cepas bacterianas aumentaram o peso seco da raiz e peso seco da parte aérea de trigo em 40% e 10% e de milho em 30% e 26% respectivamente quando comparado ao controle.

Tabela 2. Matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria fresca de raiz (MFR), matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) de plantas de trigo, cultivadas com sementes tratadas com insumos biológicos, em ambiente protegido, aos 30 dias após a semeadura. Itaqui – RS, 2022.

Tratamento	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)
1- Sem inoculação de bactérias	0,28 a	0,18 ab	0,030 b	0,030 ab
2 – Sementes com <i>Azospirillum brasilense</i>	0,24 a	0,12 b	0,030 b	0,020 b
3 – Sementes com Biotrio**	0,27 a	0,19 ab	0,042 a	0,032 ab
4 - Sementes com Biotrio e <i>A. brasilense</i>	0,50 a	0,27 a	0,040 a	0,036 a
Média	0,32	0,19	0,035	0,029
CV (%)	64,54	27,93	11,78	24,56

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

** Biotrio – insumo formulado com *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus pumilus*.

Moreira (2013) testou 127 isolados bacterianos pertencentes ao gênero *Bacillus* em mudas de eucalipto, e observou que todos os isolados bacterianos avaliados foram considerados positivos no ensaio de produção de auxinas e proporcionaram aumentos da ordem de 53 a 167% na produção de massa seca na parte aérea de *Eucalyptus urograndis*, também analisado no resultado do trabalho.

Pereira (2018) testou *Pseudomonas* e *A. brasilinse* em ambiente irrigado e com restrição hídrica, observou que a inoculação de *Pseudomonas* + *Azospirillum brasiliense* gerou aumento na matéria seca da parte aérea e matéria seca total de plantas em ambiente irrigado e com déficit hídrico, concluindo que o uso de *Pseudomonas spp.*+ *Azospirillum brasiliense* promoveu maior crescimento de plantas de trigo, principalmente em ambiente submetido à déficit hídrico.

Para massa fresca (0,27g) e massa seca (0,036 g) de raiz, o tratamento com Biotrio + *A. brasilense* apresentou médias superiores ao tratamento apenas com *A. brasilense*, de 55 % e 44 %, respectivamente, embora não tenha diferido dos tratamentos controle e com Biotrio (Tabela 2). Diferente de Guimarães et al. (2017) que observou aumento no comprimento das raízes de duas das três cultivares de arroz avaliadas e incremento de 33% e mais de 100% na massa seca de ambas, utilizando apenas *Azospirillum spp.*

Para os resultados de Zhao (2022) a inoculação de *Bacillus* em mudas de trigo mostrou aumentos na parte aérea e na massa fresca da raiz em 19,72% e 18,18% respectivamente analisados após 40 dias da semeadura, o autor cita o aumento de níveis de expressão de proteínas relacionadas ao metabolismo de aminoácidos e metabólitos.

Gomes (2003) testou *Bacillus pumilus* em mudas de alface e nos testes em estufa observou que as mudas apresentaram aumento significativo em relação à testemunha para matéria fresca de raízes, matéria fresca da parte aérea e matéria fresca total.

Calvo (2010) testou sessenta e três cepas de *Bacillus* isoladas da rizosfera de variedades nativas de batata, e verificou que 81% produziu algum nível de auxina, podendo promover aumento no comprimento radicular e número de raízes secundárias, através de análise filogenética revelou que a maioria das cepas pertenciam à espécie *B. amyloliquefaciens*, o estudo ainda demonstrava eficácia na redução do crescimento de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* com inibição variando de 69% a 91% e 56% a 86% respectivamente, além de solubilização de

fosfatos e outros efeitos positivos, demonstrando que as BPC podem realizar muitos dos benefícios citados no trabalho e que pode justificar alguns dos resultados, principalmente nas melhorias observadas nos tratamentos T3 e T4.

A explicação para os resultados promissores encontrados neste trabalho (tabelas 1 e 2) com o tratamento Biotrio + *A. brasilense* é que pode ter ocorrido um sinergismo entre as bactérias, demonstrando que a associação das bactérias testadas pode ser benéfica para o cultivo do trigo. Porém, o trabalho foi apenas com a fase inicial de desenvolvimento da cultura do trigo, sendo necessários outros trabalhos práticos de cultivo para poder ter mais informações e certezas da ação dos bioinsumos no crescimento das plantas.

5 CONCLUSÃO

O tratamento de sementes de trigo com o insumo biológico a base de espécies de *Bacillus* (Biotrio) associado ao insumo com *Azospirillum brasilense* trouxe benefícios para o crescimento inicial do trigo, pois influenciou no comprimento de parte aérea das plantas e nas variáveis, comprimento da maior folha, comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e massa fresca e massa seca de raiz, porém, nessas variáveis não diferiu dos tratamentos controle e apenas com Biotrio.

6 REFERÊNCIAS

- ALAMI, Y.; ACHOUAK, W.; MAROL, C.; HEULIN, T. **Rhizosphere soil aggregation and plant growth promotion of sunflowers by an exopolysaccharideproducing Rhizobium sp. strain isolated from sunflower roots.** Applied and Environmental Microbiology, v. 66, n. 8, p. 3393-3398, 2000.
- ANTUNES, J. M. **Fertilizante na medida certa em trigo.** Embrapa Trigo, 2017.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. **How the plant growth-promoting bacterium Azospirillum promotes plant growth a critical assessment.** Advances in agronomy, v. 108, p. 77–122, 2010.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; LUZ, E. **Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances.** Canadian Journal of Microbiology, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.
- BASHAN, Y.; et al. **Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by Azospirillum brasilense.** Biology and Fertility of Soils, v. 42, n. 4, p. 279–285, 2006.
- BARASSI, C.A.; et al. **Potencialidad de Azospirillum en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas.** Argentina: Asociación Argentina de microbiología, p.49-59, 2008.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. **History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: Special emphasis on the Brazilian experience.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 77, p. 549–579, 2005.
- BECKMAN, I. **Retrospecto da obra fitotécnica de um geneticista.** Estação Experimental de Bagé, p. 10, 1965.
- BIANCHET, P. **Disponibilidade de N ao arroz irrigado em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e do manejo dos resíduos culturais.** Tese doutorado apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Orientador: Luis Sangoi. Lages, 2012.
- BLAHA, D.; et al. **Phylogeny of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-encoding gene *acdS* in phytobeneficial and pathogenic Proteobacteria and relation with strain biogeography.** FEMS Microbiology Ecology, v. 56, n. 3, p. 455-470, 2006.
- BRZEZINSKI, C. R.; et al. **Nitrogênio e inoculação com azospirillum na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo.** Revista ciências agrarias, v. 57, n. 3, p. 257-265, 2014.
- CAVALLET, L.; PESSOA, A.; HELMICH, J.; HELMICH, P.; Ost, C. **Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com**

Azospirillum spp. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 4, p. 129-132, 2000.

CALVO, P.; et al. **Characterization of bacillus isolates of potato rhizosphere from andean soils of peru and their potential pgpr characteristics.** Brazilian Journal of Microbiology, 41: 899-906, 2010.

CONAB. **A Cultura do Trigo: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2009 a 2017.** Compêndio de estudos Conab/ Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, v. 15, 2018.

CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; GALLON, M.; BONA, S. D.; SANTI, A. L. **Inoculação com Azospirillum brasilense associada à adubação nitrogenada em trigo na região norte do Rio Grande do Sul.** Enciclopédia biosfera centro científico conhecer, v. 9, p. 1298- 1308, 2013.

COSTA L, ZUCARELI C, RIEDE CR. **Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipo de trigo.** Revista ciência agrônômica, v. 44, n. 2, p. 215-24, 2013.

COMPANT, S.; CLÉMENT, C.; SESSITSCH, A. **Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization.** Soil Biology and Biochemistry, v. 42, n. 5, p. 669-678, 2010.

CUNHA, G. R.; et al. **Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no rio grande do sul.** XVIII Reunião nacional de pesquisa de trigo, p. 636-641.

CROWLEY, D. E.; REID, C. P. P.; SZANISZLO, P. J. **Utilization of microbial siderophores in iron acquisition by oat.** Plant Phys, v. 87, p. 680-685, 1988.

DENG, J.; et al. **Synergistic effects of soil microstructure and bacterial EPS on drying rate in emulated soil micromodels.** Soil Biology and Biochemistry, v. 83, p. 116-124, 2015.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. **Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere.** Crit Rev Plant Sci, v. 22, p. 107-149, 2003.

D'AGOSTINO, F.; MORANDI, M. A. B. **Análise da Viabilidade Comercial de Produtos à Base de Bacillus subtilis e Bacillus pumilus para o Controle de Fitopatógenos no Brasil.** In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 299-316, 2009.

FORNASIERI, F. D. **Manual da cultura do trigo.** Jaboticabal: Fundação de apoio à pesquisa, ensino e extensão, 2008.

- FERREIRA, J. P.; VIDAL, M. S.; BALDANI, J. I. **Método para detecção e quantificação da atividade de ACC deaminase em bactérias diazotróficas promotoras de crescimento vegetal**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica RJ, 2020.
- GARCIA, C.; FERNANDEZ, T.; COSTA, F.; CERRANTI, B.; MASCIANDARO, G. **Kinetics of phosphatase activity in organic wastes**. Soil Biol Biochem 25, p. 361-365, 1992.
- GODINHO, B. T. V.; et al. **Isolamento e Potencial Uso de Bactérias do Gênero Bacillus na Promoção de Crescimento de Plantas em Condições de Déficit Hídrico**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 2019.
- GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; MESQUITA, J. C. P. **Isolamento, seleção de bactérias e efeito de Bacillus spp. na produção de mudas orgânicas de alface**. Horticultura Brasileira. Brasília, v. 21, n. 4, p. 699-703, 2003.
- GUIMARÃES, V. F.; et al. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações**. CIÊNCIAS AGRÁRIAS: ética do cuidado, legislação e tecnologia na agropecuária. PPGA, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Unioeste, 2018
- GUIMARÃES, S. L. et al. **Crescimento inicial de plantas de arroz inoculadas com azospirillum spp**. Revista Acadêmica: Ciência Animal, v.11, p. 45-55, 2017.
- GRAY, E. J.; SMITH, D. L. **Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes**. Soil Biol Biochem 37, p. 395-412, 2005.
- GLICK, B. R. **Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase**. FEMS Microbiology Letters, v. 251, n. 1, p. 1-7, 2005.
- GLICK, B. R.; TODOROVIC, B.; CZARNY, J.; CHENG, Z.; DUAN, J.; MCCONKEY, B. **Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase**. Critical Reviews in Plant Sciences, v. 26, p. 227-242, 2007.
- GLICK, B. R. **Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications**. Scientifica (Cairo), v. 2012, id. 963401, p. 16, 2012.
- GLICK, B. R. **Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world**. Microbiological Research, v. 169, n. 1, p. 30-39, 2014.
- HOLFORD, I. C. R. **Soil phosphorus, its measurements and its uptake by plants**. Austr J Soil Res 35, 227-239, 1997.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa soja, n. 325, p. 36, 2011.
- JONES, D. L. **Organic acids in the rhizosphere - a critical review**. Plant Soil 205, p. 25-44, 1998.

- JOO, G. J.; et al. **Growth promotion of red pepper plug seedlings and the production of gibberellins by *Bacillus cereus*, *Bacillus macroides* and *Bacillus pumilus***. Biotechnology letters. v. 26, n. 6, p. 487-491, 2004.
- KARNWAL, A. **Screening of plant growth–promoting rhizobacteria from maize (*zea mays*) and wheat (*triticum aestivum*)**. African journal of food, agriculture, nutrition, and development: AJFAND. Vol.12 (3), p. 6170-6185, 2012.
- LUZ, W.C. **Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e de bioproteção**. In: LUZ, W.C.; FERNANDES, J.M.C.; PRESTES, A.M. et al. (Ed.). Revisão Anual de Patologia de Plantas. Passo Fundo: RAPP, v.41, p.1-49. 1996.
- MASCIARELLI, O.; et al. **Alternative mechanism for the evaluation of indole-3-acetic acid (IAA) production by *Azospirillum brasilense* strains and its effects on the germination and growth of maize seedlings**. Journal of Microbiology, v. 51, n. 5, p. 590-597, 2013.
- MELLO, N. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* nas culturas de milho e trigo**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, p. 98, 2012.
- MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. **Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações**. Comunicata Scientiae 1(2), p. 74-99, 2010.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- MOREIRA, A. L. L.; ARAÚJO, F. F. **Bioprospecção de isolados de *Bacillus* spp. como potenciais promotores de crescimento de *Eucalyptus urograndis***. Revista Árvore. Viçosa-MG, v.37, n.5, p. 933-943, 2013.
- MONTEIRO, R. A.; et al. **Early colonization pattern of maize (*Zea mays* L. Poales, Poaceae) roots by *Herbaspirillum seropedicae* (Burkholderiales, Oxalobacteraceae)**. Genetics and Molecular Biology, v. 31, n. 4, p. 932–937, 2008.
- NOCKER, A.; FERNÁNDEZ, P. S.; MONTIJN, R.; SCHUREN, F. **Effect of air drying on bacterial viability: a multiparameter viability assessment**. Journal of Microbiological Methods, v. 90, n. 2, p. 86-95, 2012.
- PEREIRA, Y. D. **Crescimento de plantas de trigo inoculadas com bactérias promotoras de crescimento em condições de restrição hídrica**. Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, p. 30, 2018.
- PINTO, J. V. E. **Caracterização e identificação de bactérias diazotróficas associativas oriundas de área de mineração de ferro**. Universidade Federal de Lavras, p. 59, 2017.

RIBEIRO, I. D. A. **Caracterização de bactérias promotoras do crescimento vegetal associadas à cultura da canola (*Brassica napus* L.)**. Dissertação ao Programa de Pós Graduação em Genética e Biologia Molecular. Porto alegre, 2019.

ROSSI, F.; POTRAFKA, R. M.; PICHEL, F. G.; DE PHILIPPIS, R. **The role of the exopolysaccharides in enhancing hydraulic conductivity of biological soil crusts**. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 46, p. 33-40, 2012.

RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V.F.; SILVA, M. B.; PINTO JUNIOR, A. S.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. **Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação**. *R Bras Eng Agríc Amb*. v. 18, p. 31-7, 2014.

SILVEIRA, A. B. **Isolamento e caracterização de linhagens de *Bacillus* e *Paenibacillus* promotores de crescimento vegetal em lavouras de arroz e trigo do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul programa de pós graduação em genética e biologia molecular. Porto Alegre, 2008.

SOUSA, C. N. A. **Cultivares de trigo indicadas para cultivo no Brasil e instituições criadoras**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, p. 138, 2004.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. ***Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses**: Genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 24, p. 487-506, 2000.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. **Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.)**. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 37, n. 5, p. 1016-1024, 1979.

ZAKHAROVA, E. A.; SHCHERBAKOV, A. A.; BRUDNIK, V. V.; SKRIPKO, N. G.; BULKHIN, N. S.; IGNATOV, V. V. **Biosynthesis of indole-3-acetic acid in *Azospirillum brasilense*: insights from quantum chemistry**. *European Journal of Biochemistry*, v. 259, p.572-576, 1999.

ZHAO, Y.; ZHANG, F.; MICKAN, B.; et al. **Inoculation of wheat with *Bacillus* sp. wp-6 altered amino acid and flavonoid metabolism and promoted plant growth**. *Plant Cell Rep*, 2022.