

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO**

CURSO DE AGRONOMIA

RONALDO VIEIRA DE SOUZA

USO DE *BACILLUS MEGATERIUM* E *BACILLUS SUBTILIS* NA CULTURA DO TRIGO

CERRO LARGO

2023

RONALDO VIEIRA DE SOUZA

USO DE *BACILLUS MEGATERIUM* E *BACILLUS SUBTILIS* NA CULTURA DO TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Nerison Luís Poersch

CERRO LARGO

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Souza, Ronaldo Vieira de
USO DE *Bacillus megaterium* E *Bacillus subtilis* NA
CULTURA DO TRIGO / Ronaldo Vieira de Souza. -- 2023.
44 f.

Orientador: Doutor em Genética e Melhoramento - UFV
Nerison Luís Poersch

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2023.

1. *Triticum aestivum*. 2. Inoculação. 3. Cultivares.
I. Poersch, Nerison Luís, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

RONALDO VIEIRA DE SOUZA

USO DE *BACILLUS MEGATERIUM* E *BACILLUS SUBTILIS* NA CULTURA DO TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 13/02/2023.

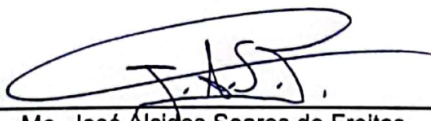
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Nerison Luis Poersch – UFFS
Orientador



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS
Avaliador



Me. José Alcides Soares de Freitas
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Luiz Carlos e Claudete por todo o empenho para a minha formação moral e ética para a vida. Ao meu irmão Riquelmi pela amizade e ajuda nos momentos que precisei. Agradeço em especial ao meu tio Paulo Cezar que sempre me incentivou para nunca desistir e ir em busca dos meus objetivos da graduação e da vida. A minha namorada Joice pelo companheirismo, ajuda e incentivo, estando ao meu lado sempre nos momentos bons e ruins.

Agradeço ao meu professor orientador por todo conhecimento, atenção e paciência dedicada para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Também quero agradecer de forma geral a todos os professores do curso de agronomia pelos conhecimentos passados ao longo dos anos de minha formação.

Quero agradecer a todos os meus colegas e amigos que fiz ao longo do curso, compartilhando momentos de estudos, confraternização e descontração, fazendo com que esses momentos fossem mais produtivos.

RESUMO

O trigo é uma das culturas de grãos mais produzidas do mundo e o fósforo é um macronutriente essencial para o bom desenvolvimento da cultura. Grande parte do fósforo do solo está de uma forma indisponível para as plantas, isso devido ao fósforo ser adsorvido por óxidos e argilas, além de possuir grande afinidade por cátions como o Fe, Al e Ca. No entanto, bactérias do gênero *Bacillus megaterium* e *B. subtilis* possuem a capacidade de solubilizar o fósforo que está indisponível, tornando-o disponível para as plantas. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo, *B. megaterium* e *B. subtilis* em diferentes cultivares de trigo. O experimento foi conduzido à campo no município de Rolador, RS, em um latossolo vermelho com teor alto de P. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4x2, com 3 repetições. Os tratamentos são compostos por 4 cultivares de trigo com inoculação e 4 cultivares sem inoculação. As cultivares são a TBIO Ponteiro, TBIO Toruk, ORS Madrepérola e BRS Belajoia. Nessas cultivares foram avaliadas o comprimento da espiga (CE), o número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por área (NEA), peso de mil grãos (PMG), produtividade de grãos (PG) e peso hectolitro (PH). O uso da inoculação em sementes de trigo com *Bacillus megaterium* e *B. subtilis*, houve interação significativa para as variáveis CE, PMG e PG e o uso da inoculação para essas variáveis proporcionou os melhores resultados. A cultivar TBIO Ponteiro com inoculação se destaca por apresentar efeito significativo para todas variáveis analisadas. Para a variável PMG, o uso da inoculação apresentou o melhor desempenho na médias dos resultados para todas as cultivares. As cultivares TBIO Ponteiro, BRS Belajoia e TBIO Toruk obtiveram uma maior produtividade de grãos com o uso da inoculação.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; inoculação; cultivares.

ABSTRACT

Wheat is one of the most produced grain crops in the world and phosphorus is an essential macronutrient for the proper development of the crop. Much of the phosphorus in the soil is unavailable to plants, due to the fact that phosphorus is adsorbed by oxides and clays, in addition to having a great affinity for cations such as Fe, Al and Ca. However, bacteria of the genus *Bacillus megaterium* and *B. subtilis* have the ability to solubilize unavailable phosphorus, making it available to plants. The present study aimed to evaluate the effect of phosphorus-solubilizing bacteria, *B. megaterium* and *B. subtilis*, on different wheat cultivars. The experiment was carried out in the field in the municipality of Rolador, RS, on a red oxisol with high P content. The experimental design used was randomized blocks (DBC) in a 4x2 factorial scheme, with 3 replications. The treatments are composed of 4 wheat cultivars with inoculation and 4 cultivars without inoculation. The cultivars are TBIO Ponteiro, TBIO Toruk, ORS Madrepérola and BRS Belajoia. In these cultivars, ear length (EC), number of grains per ear (NGE), number of ears per area (NEA), thousand-grain weight (PMG), grain yield (PG) and hectoliter weight (PH). The use of inoculation in wheat seeds with *Bacillus megaterium* and *B. subtilis*, there was a significant interaction for the CE, PMG and PG variables and the use of inoculation for these variables provided the best results. The cultivar TBIO Ponteiro with inoculation stands out for having a significant effect for all analyzed variables. For the PMG variable, the use of inoculation showed the best performance in the mean results for all cultivars. The cultivars TBIO Ponteiro, BRS Belajoia and TBIO Toruk obtained a higher grain yield with the use of inoculation.

Keywords: *Triticum aestivum*; inoculation; cultivars.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°C) durante o período experimental (01/06/2022 à 10/11/2022).....	27
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos de camada estratificada 0-10 cm e 10-20 cm do solo da área do experimento.....	23
Tabela 2 – Análise de variância para o número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por área (NEA), peso hectolitro (PH), comprimento da espiga (CE), peso de mil grãos (PMG), produtividade de grãos (PG), para as variáveis inoculação, cultivar, inoculação x cultivar em relação a P - value.....	28
Tabela 3 – Médias do número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por área (NEA), peso hectolitro (PH), sem inoculação (SI) e com inoculação (CI), de quatro cultivares de trigo.....	29
Tabela 4 – Médias do comprimento da espiga - CE (cm) de quatro cultivares de trigo sem inoculação (SI) e com inoculação (CI).....	30
Tabela 5 – Médias do peso de mil grãos - PMG (g) de quatro cultivares de trigo sem inoculação (SI) e com inoculação (CI).....	32
Tabela 6 – Médias da produtividade de grãos - PG (kg) de quatro cultivares de trigo sem inoculação (SI) e com inoculação (CI).....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVO GERAL.....	12
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	A CULTURA DO TRIGO.....	13
3.2	O FÓSFORO.....	14
3.3	MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (MSP) NO SOLO.....	17
3.4	A SOLUBILIZAÇÃO DO FÓSFORO PELOS MICROORGANISMOS.....	19
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1	LOCAL E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA.....	22
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	23
4.3	IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	24
4.4	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum L.*) é uma das culturas mais antigas no mundo. É um dos grãos mais produzidos mundialmente, perdendo em produção apenas para outro cereal que é o milho. Segundo o USDA (2022) Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a produtividade mundial do trigo no ano de 2022 foi de 778,8 milhões de toneladas cultivadas em 224,6 milhões de hectares, sendo que a União Européia juntamente com a China e a Índia são os maiores produtores deste cereal.

O Brasil atualmente é o décimo quinto produtor mundial de trigo, chegando a produzir no ano de 2022 cerca de 9,5 milhões de toneladas de trigo em uma área com cerca de 2,69 milhões de hectares, safra histórica batendo recordes, sendo a região sul a principal responsável por essa produção, principalmente os estados do Rio Grande do Sul e Paraná, que juntos somam cerca de 86% da produção nacional (CONAB, 2022).

Os solos brasileiros que são cultivados com a cultura do trigo, em sua grande maioria são solos ácidos e com alta capacidade de fixação de fósforo (P). Sendo este um macronutriente essencial para o bom desenvolvimento da cultura, é um componente estrutural nas membranas celulares, além de ser fundamental nos processos de respiração, fotossíntese, geração de energia (ATP), glicólise, ativação enzimática, entre outras (FINGER, 2002; SOUSA, 2010; TAIZ ; ZEIGER, 2013). Grande parte do fósforo que está no solo está em uma forma indisponível para as plantas, e segundo Bissani *et al.* (2008) afirma que nos solos do sul do Brasil possuem 50% ou mais de P imobilizado, isso acontece porque o fósforo pode ser adsorvido por óxidos e argilas, além de possuir grande afinidade por cátions como o Fe, Al e Ca.

A disponibilidade de fósforo para as plantas no solo é extremamente influenciada pelo pH, portanto, para aumentar a disponibilidade desse nutriente, é recomendado fazer a correção da acidez com a utilização de calcário. Pois, tendo um solo com o pH corrigido, favorece a uma menor adsorção de P nos óxidos. Para elevar a concentração desse nutriente no solo pode se aplicar fertilizantes fosfatados, podendo ser aplicado juntamente na correção da acidez (BISSANI *et al.*, 2008).

Juntamente com a correção do pH do solo, há a elevação na atividade biológica de microorganismos. De 1 a 10% do P presente no solo está imobilizado na biomassa microbiana (MENDES e JÚNIOR, 2003). Portanto, os microorganismos solubilizadores de fosfato, através de mecanismos como mineralização, redução do pH e quelação, conseguem aumentar a disponibilidade de P para as plantas (KALAYU, 2019).

Visando a importância dos microorganismos solubilizadores de fósforo, destaca-se as bactérias do gênero *Bacillus*, que em vinte anos de estudos selecionou-se cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, onde são utilizadas em várias culturas (Oliveira *et al.*, 2009; Ribeiro *et al.*, 2018; Sousa *et al.*, 2021; Oliveira-Paiva *et al.*, 2020). Recentemente a Embrapa juntamente com o setor privado lançou um produto a base de *B. subtilis* e *B. megaterium*, podendo ser utilizado como inoculante nas culturas comerciais. Essas bactérias além de solubilizar os fosfatos do solo e aumentar a disponibilidade de fósforo para as plantas (PEI-XIANG *et al.*, 2012), são capazes de reduzir a utilização de fertilizantes minerais químicos, pois, proporcionam menos gasto de energia para a produção e transporte de fontes minerais solúveis (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

As bactérias solubilizadoras de fósforo podem ser grandes aliadas para aumentar a disponibilidade de P para as culturas, sendo o trigo uma delas, que é um cereal de muita importância na produção mundial. No entanto, mais estudos devem ser feitos para entendermos melhor a utilização dessas bactérias, para se tirar o melhor aproveitamento dessas na cultura do trigo.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* em diferentes cultivares de trigo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar na cultura do trigo a influência do uso de inoculante a base de bactérias solubilizadoras de fósforo em solo com alto teor de P.
- Analisar se há interação da inoculação com as bactérias solubilizadoras de fósforo com as diferentes cultivares.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DO TRIGO

A cultura do trigo está presente há mais de 10 mil anos na história da humanidade, tendo o início de seu cultivo na Mesopotâmia. No Brasil a chegada do trigo foi nos anos de 1534, mas devido ao clima quente dificultou sua expansão (ABITRIGO, 2021). No entanto, só adquiriram importância econômica no Brasil colonial, em meados do século XVII, quando semeadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo (ROSSI; NEVES, 2004; CONAB, 2021). Desde então, a cultura do trigo tem se destacado cada vez mais pela sua importância na economia mundial, fazendo parte dos três cereais mais cultivados no mundo, juntamente com o milho e o arroz (TAKEITI, 2015).

O trigo é uma gramínea, e se caracteriza por ser uma planta autógama, com flores perfeitas e apresentando pouca frequência de polinização cruzada. (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015). É pertencente à família das *Poaceae*, do gênero *Triticum*, visto que a espécie mais conhecida e cultivada é a *Triticum aestivum*, por apresentar características de maior valor comercial. Portanto, o *aestivum*, corresponde a 80% da produção mundial, com finalidade para pão, o *compactum* é usado em biscoitos e em bolos mais macios, e o *durum* para massas, com glúten mais resistente, fazendo textura firme após cozimento (ABITRIGO, 2021).

O grão de trigo e seus derivados são considerados de extrema importância, tanto para a alimentação humana como para a alimentação animal. Segundo dados da FAO (Food and Agriculture Organization), o trigo é um cereal que fornece cerca de 19% da energia alimentar da população mundial, o arroz com 20% e o milho com apenas 5%. O trigo pode ser considerado como um dos alimentos mais nobres, sendo que atualmente corresponde a cerca de 30% da produção mundial de grãos (CANELO *et al.*, 2011). Além de poder ser armazenado tanto como grão ou farinha por um longo tempo é rico em carboidratos, proteínas, calorias e com boa digestibilidade. Por ser essencial para alimentação humana, é uma das commodities agrícolas mais comercializadas no mundo, pois, representa uma imensa produção na gama de produtos alimentícios (CUNHA *et al.*, 2009).

Conforme o levantamento do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2022), a produção mundial de trigo no ano de 2022 foi de 778,8 milhões de toneladas semeadas em 224,6 milhões de hectares, sendo que os maiores produtores deste cereal são: União Européia com produção equivalente a 138,4 milhões de toneladas, somando com seus 28 países, a China com 136,9 milhões de toneladas, a Índia com 109,5 milhões de toneladas, a Rússia com 74,5 milhões de toneladas, os Estados Unidos com 44,8 milhões de toneladas e a Ucrânia com 33 milhões de toneladas.

Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022) o Brasil conseguiu uma produção de 9,5 milhões de toneladas de trigo, cultivado em uma área com cerca de 2,69 milhões de hectares, obtendo portanto, uma produtividade média de 2881 quilos por hectare. O Brasil hoje está no ranking mundial de produtividade, ocupando a décima quinta posição, sendo o sétimo importador e décimo primeiro consumidor mundial de trigo.

A maior parte da produção do trigo no Brasil está localizada na região sul, sendo que o estado do Rio Grande do Sul (RS) e do Paraná (PR) se destacam na produção desse grão, com 2,61 milhões de hectares cultivados no ano de 2022, atingindo uma produção de 9,29 milhões de toneladas. O estado do PR é líder em área cultivada com 1,41 milhões de hectares, e o RS tem área cultivada de 1,19 milhões de hectares, no entanto, o RS obteve no ano de 2022 uma maior produção com 5,73 milhões de toneladas e o PR com 3,56 milhões de toneladas de grãos, isso é devido a fatores climáticos que comprometerão a safra no estado (CONAB, 2022).

3.2 O FÓSFORO

O fósforo é um nutriente com baixa mobilidade no solo, esse comportamento é atribuído com a afinidade que este elemento tem com minerais da argila, óxidos de ferro e de alumínio. O fósforo é considerado como o segundo elemento que mais limita as produtividades em solos tropicais, isso acontece devido a sua habilidade de construir compostos que tenham alta energia de ligação com os colóides, sendo que o mesmo possibilita dessorção e disponibilidade às plantas (GATIBONI, 2003).

No solo o fósforo se encontra em duas formas, orgânica e inorgânica, dependendo sempre da natureza do composto em que está ligado, sendo que as formas orgânica e inorgânica são encontradas na fase sólida, na fase líquida se encontra na forma inorgânica na solução do solo (GATIBONI, 2003). Segundo Bissani *et al.* (2008) fatores como teor de óxidos e pH do solo, interferem na relação de P imobilizado na fase sólida e o P disponível na solução. No entanto, essas duas formas de fósforo são de difícil identificação, pois, há uma infinidade de reações que esse elemento pode ter.

O P que está na fase sólida do solo pode ser classificado como P lábil e P não lábil, podendo ser P orgânico como P inorgânico (MENDES E JÚNIOR, 2003). Conforme Novais *et al.* (2007) o P que está presente na solução do solo é a menor fração de P total porém, está prontamente disponível para as plantas. O P lábil é uma forma de P que não está prontamente disponível para absorção, mas que consegue manter uma relação de equilíbrio com a solução, podendo disponibilizar P à medida em que ele é absorvido. Já o P não lábil consiste na fração de P que está irreversivelmente fixada às partículas do solo e ainda representa a maior parte do P total contida no solo.

A forma de P inorgânico se separa em duas partes, que é o fósforo dos materiais primários e o fósforo adsorvido, e também em pequenas quantidades pode ser encontrado o fósforo na solução do solo. Sendo assim, o P inorgânico consiste em fosfatos minerais insolúveis e ânions fosfatos adsorvidos a hidróxidos de Fe e Al, silicatos de Al e carbonatos de Ca (GATIBONI *et al.*, 2013). Na grande maioria dos solos brasileiros o P é encontrado em maiores quantidades como fosfatos de Fe e Al (NAHAS e ASSIS, 1992). No entanto, a atividade das raízes das plantas e os microorganismos do solo, que vão auxiliar na solubilidade e conseqüentemente na disponibilidade de P inorgânico.

O P orgânico é normalmente originado dos resíduos vegetais, ou seja material orgânico, do tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição (MARTINAZZO *et al.*, 2007) Há várias formas de P orgânico no solo, no entanto, os fosfolipídios, inositol-fosfatos e os ácidos nucleicos são os que mais se destacam. Acontece formação entre inositol-fosfatos e proteínas, e a adsorção em partículas de argila e óxidos de Fe e Al, sendo que essas formas se tornam as mais resistentes ao ataque de enzimas do solo liberadas pelas raízes ou microorganismos, ou seja, menos P disponível para as plantas.

Em condições de reações ácidas os óxidos de ferro e alumínio se apresentam com cargas positivas, capazes de reter vários tipos de ânions em sua superfície, havendo então o predomínio de íons fosfatos. Tanto nos óxidos e na caulinita pode ocorrer a adsorção específica de fosfato nos sítios ácidos de Lewis. O fosfato com suas características consegue se ligar em formas monodentadas, em que um oxigênio do fosfato é ligado ao metal, sendo bidentadas, ou que dois oxigênios são ligados ao metal, sendo binucleadas, portanto, dois oxigênios do fosfato são ligados a dois átomos de metal (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Normalmente a adsorção do fosfato aos oxihidróxidos de ferro e alumínio ocorre nos sítios ácidos de Lewis, com alto desbalanço de cargas e baixa cristalinidade. Nesse sentido acontece o fenômeno de troca de ligantes, onde os grupos OH e OH_2^+ ligados mono e tricordenadamente a os metais, tanto o ferro quanto o alumínio são trocados pelo fosfato (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

As formas precipitadas de fósforo no solo mantêm os íons H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} na faixa de pH de 5,0 a 7,0, nessa faixa de pH que o P no solo se encontra mais disponível para as plantas. Entretanto, em pH menor que 5,0 há uma tendência do fósforo ocorrer mais em minerais que têm mais ferro e alumínio, e em pH mais alto a tendência do fósforo ocorrer preferencialmente com o cálcio, mas isso tudo irá depender da variação do pH que pode promover a dissolução e a formação de outros compostos (GATIBONI, 2003). Portanto, o pH é o principal fator que vai determinar os tipos de compostos que o fósforo vai formar. E para aumentar o pH em solos ácidos, a calagem é muito importante com a aplicação de calcário podendo ser adicionado com a adubação fosfatada.

A indisponibilidade do fósforo no solo também se dá pela sua baixa mobilidade, portanto a sua absorção através das raízes das plantas fica ainda mais complicada. As raízes das plantas são fundamentais nesse processo de absorção desse nutriente, mas para isso o P deve estar na forma disponível, para que a medida que as raízes vão se desenvolvendo entrem em contato com o P. A concentração de P ao redor da raiz é menor que na solução e isso faz com que gere um gradiente de concentração, a onde o P se desloca em direção a raiz por meio de difusão. E quando baixa a concentração de P na solução, a fase sólida entra em ação e libera uma quantidade desse elemento para a solução (BISSANI *et al.*, 2007).

O fósforo é um dos macronutrientes essenciais para a sobrevivência das plantas, estando presente nos componentes estruturais das membranas celulares, como nos ácidos nucleicos, além de ser fundamental em componentes móveis armazenadores de energia como ATP, e nos processos de respiração, fotossíntese, glicólise, ativação enzimática, entre outras (FINGER, 2002; SOUSA, 2010; TAIZ ; ZEIGER, 2013).

A absorção do fósforo nas plantas acontece por um processo ativo, portanto, gasta-se energia para sua realização. O solo é a principal fonte de reserva nutricionais favoráveis às plantas (GATIBONI, 2003). A concentração de fósforo na solução do solo depende de algumas reações de adsorção específica e de precipitação e como dito anteriormente, pode de variar com o pH, além de ser fortemente influenciada pela mineralogia do solo e do tipo de fertilizante fosfatado aplicado (ERNANI; BAYER; RIBEIRO, 2004). Conhecer a dinâmica do P na solução do solo é muito importante, não apenas para fins econômicos, mas para auxiliar no manejo correto para utilizar este nutriente da melhor forma possível.

3.3 MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (MSP) NO SOLO

Os MSP no solo são basicamente constituídos por fungos, actinomicetos e bactérias, sendo capazes de solubilizar ou mineralizar P, desempenhando papel fundamental no ciclo desse nutriente (OLIVEIRA-PAIVA, 2021). Existem vários mecanismos em que os microrganismos interferem diretamente na habilidade das plantas em adquirir o fósforo do solo, dentre esses mecanismos os principais é a liberação de P de compostos óxidos de Al, Fe e Ca no solo, tendo diferentes graus de reatividade, ocorrendo reações com ácidos inorgânicos orgânicos que são liberados por MSP. Outro mecanismo é a mineralização do P orgânico por meio de enzimas, como fitase e fosfatases, que estão envolvidas com matéria orgânica. E ainda se destaca outros mecanismos como os fitormônios, exopolissacarídeos e sideróforos (BINI; LOPEZ, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2018; SOUSA *et al.*, 2021).

Microrganismos solubilizadores de P são considerados como benéficos, pois são capazes de hidrolisar o P orgânico e também o P inorgânico na forma insolúvel no solo. A ocorrência desses microrganismos no solo é de forma natural, ou seja estão presente no solo, porém em quantidades pouco significativas para

potencializar o maior desenvolvimento das plantas, isso acontece porque suas estirpes não são das mais eficientes ainda mais se sua concentração for baixa, por isso a quantidade de P liberada por eles não é muito significativa (RODRIGUES; FRAGA, 1999). Portanto, para ser significativo deve haver altas concentrações destes microrganismos no solo, para que possam disponibilizar e aumentar a eficiência do P para as culturas.

Pensando na importância desses microrganismos, vários estudos foram feitos para avaliar a viabilidade dos mesmos, dessa forma um grupo desses microrganismos vem se destacando, que são as bactérias de gênero *Bacillus*, que apresentam bons resultados na solubilização do P. Em resultado desses estudos, recentemente a Embrapa juntamente com o setor privado desenvolveu e lançou um produto a base de *B. subtilis* e *B. megaterium*, podendo ser utilizado como inoculante nas culturas comerciais. Essas bactérias são consideradas benéficas, porque são capazes de solubilizar os fosfatos do solo e ainda aumentar a disponibilidade de fósforo para as plantas (PEI-XIANG *et al.*, 2012).

São bactérias capazes de formar endósporos, permitindo assim a sua utilização mesmo em condições extremas, como por exemplo altas elevações de pH, temperatura, radiação, dessecação e exposição a pesticidas (BAHADIR *et al.*, 2018). Podem maximizar a utilização do P, pois, pode-se reduzir a utilização de fertilizantes minerais químicos, portanto, proporcionam menos gasto de energia para a produção e transporte de fontes minerais solúveis (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A cepa de *Bacillus megaterium* possui a capacidade de solubilizar fosfatos de cálcio e de rocha e produzir fosfatase, já a cepa de *Bacillus subtilis* é endofítica, e consegue solubilizar fosfato de cálcio e ferro, apresentando alta produção de ácido glucônico e enzima fitase (OLIVEIRA *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2014; ABREU *et al.*, 2017; VELLOSO *et al.*, 2020). Nesse caso, microrganismos endofíticos conseguem estabelecer uma relação mais estável com a planta se comparado com os microrganismos rizosféricos.

As cepas promovem crescimento com propriedades distintas, além de estimular o aumento da superfície e área radicular, havendo uma maior produção de raízes mais finas, produção de ácido indol-acético, sideróforos, formação de biofilme (SOUSA *et al.*, 2020; VELLOSO *et al.*, 2020).

As bactérias *Bacillus megaterium* e *B. subtilis* tem a capacidade de serem promotoras de crescimento nas plantas, utilizam essa estratégia para induzindo a

produção e influenciar os níveis e o equilíbrio hormonal das plantas (GLICK, 2012; MENDONÇA *et al.*, 2020). Elas conseguem estimular o crescimento por meio do fornecimento de hormônios vegetais como as giberelinas, citocininas e as auxinas (ZAREI *et al.*, 2019, MÜLLER *et al.*, 2019, MACHADO *et al.*, 2020). As auxinas são produzidas como resultado do metabolismo das bactérias, influenciam no crescimento vegetal, divisão, expansão e diferenciação de células e tecidos vegetais, além do alongamento da raiz. As citocininas produzem purinas que promovem e participam na divisão celular das plantas e no crescimento primário das raízes. As giberelinas são hormônios sintetizados pelas bactérias que estimulam o sistema radicular, melhoram a aquisição de nutrientes para facilitar o crescimento da parte aérea das plantas (GLICK, 2014; WONG *et al.*, 2015).

São vários os benefícios que essas bactérias são capazes de fornecer para as culturas agrícolas, entre elas está a cultura do trigo, porém, como a utilização delas em grande escala na agricultura é mais recente, ainda necessita de mais estudos para melhorar ainda mais o entendimento sobre esses microrganismos.

3.4 A SOLUBILIZAÇÃO DO FÓSFORO PELOS MICRORGANISMOS

Os microrganismos solubilizadores de P são capazes de utilizar de diferentes formas para conseguir solubilizar o P do solo e transformá-lo em uma forma disponível para as plantas utilizarem. Dentre elas está a produção de sideróforos e a mineralização do fosfato orgânico, também consegue a liberação de fosfatos solúveis através de sua ação quelante sobre cátions, além de reduzir o pH (HAMEEDA *et al.*, 2008; YOUNG *et al.*, 2013 BALIAH *et al.*, 2016; ABREU *et al.*, 2017;). Normalmente o mecanismo primário de solubilização de fósforo nas plantas e em microrganismos é a excreção de H⁺, juntamente com a produção de ácido orgânico e biossíntese da fosfatase ácida (ARCAND; SCHNEIDER, 2006).

A solubilização do P pelos microrganismos pode ocorrer em diferentes mecanismos de ação. Dentre os principais está a mineralização, que é o momento em que o fósforo é liberado em forma assimilável pela atividade enzimática específica das enzimas fosfatases, que conseguem hidrolisar o P orgânico presente em fitatos, fosfolipídios e ácidos nucleicos (MARTIN *et al.*, 2004). Basicamente a mineralização acontece através de um material orgânico que é convertido em

substâncias como nitratos, ácidos orgânicos, fosfatos, sulfatos. Segundo Rodriguez e Fraga (1999), após a mineralização, existem algumas moléculas que são responsáveis pelo fornecimento de fósforo, sendo elas, os fosfolipídios e açúcares fosfatados, ácidos nucleicos, que são mais rapidamente degradados e os ácido fítico, polifosfatos e fosfonatos que são degradados mais lentamente.

A fosfatase é o conjunto de enzimas extracelulares de plantas ou microrganismos capaz de liberar P de compostos orgânicos (OLIVEIRA *et al.*, 1999). Esse mesmo autor ainda ressalta que a produção de fosfatase ácida é mais propícia em ambientes pobres em fósforo. A fosfatase ácida apresenta uma correlação significativa com o fósforo inorgânico, dessa forma quando se tem uma maior atividade de fosfatase ácida no mecanismo do uso de P pelas plantas, menor será o teor de fósforo inorgânico no tecido delas (MENDES *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2015; GROBELAK *et al.*, 2015; AFZAL *et al.*, 2017).

Para promover a solubilização de fosfatos, as bactérias têm como principal mecanismo a redução do pH do meio, que ocorre normalmente pela produção de ácidos inorgânicos, orgânicos de baixo peso molecular (MARRA *et al.*, 2011). Ácidos orgânicos têm a capacidade agir como acidificantes do meio ou também como agentes quelantes, formando compostos com cálcio, ferro e alumínio. Conforme Branco *et al.* (2001), a acidificação do meio acontece por causa da liberação de prótons H^+ a partir do processo de troca catiônica ou da cadeia respiratória.

No momento em que há o consumo de Ca e Fe pelos microrganismos podemos dizer que esse é outro mecanismo de disponibilização de fósforo para as plantas. Portanto, ao consumirem esses compostos e ainda acompanhados de fosfatos, os microrganismos conseguem transformar o fósforo assimilável pelas plantas (SILVA FILHO; VIDOR, 2000).

Outro mecanismo não menos importante que os demais já relatados, é a quelatização. Que segundo Mocellin (2004) quelatização é um complexo orgânico que quimicamente se combinam uma carga iônica positiva, ou seja, os cátions, com outra molécula orgânica de carga negativa. A quelação permite ao nutriente manter a sua identidade original sem se misturar, pois não se mistura quimicamente com outros nutrientes. A quelação incorpora íons de metal numa forma solúvel, e transforma na forma disponível às plantas, por serem muito solúveis em água (MEYE *et al.*, 2022).

Na quelação o grupo das hidroxilas e carboxilas, são capazes de quelatizar os cátions ligados ao fósforo, como por exemplo o cálcio, o ferro e alumínio, liberando formas solúveis de fósforo para as plantas (SALAMONI e DE PROENCI, 2014). Esse procedimento normalmente acontece porque as os microrganismos solubilizadores de fósforo, conseguem liberar ácidos orgânicos, como 2-ceto-glucônico, ácido húmico e ácido fúlvico.

Outro fator importante que vale destacar, é que os MSP produzem ou secretam sideróforos. Os sideróforos são compostos do metabolismo secundário produzidos por algumas espécies de microrganismos que são capazes de complexar moléculas sequestradoras de ferro de baixo peso molecular e elevada afinidade pelo substrato, isso em resposta a baixa disponibilidade de ferro em solução (BATISTA *et al.*, 2018). Esse mesmo autor diz que os MSP conseguem solubilizar formas não disponíveis de P fixado em moléculas de ferro por meio da utilização de sideróforos. Isso também está relacionado com o pH do solo, pois quanto menor mais disponibilidade de ferro terá.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

O experimento foi realizado na safra agrícola de 2022, no município de Rolador - RS, cujas coordenadas geográficas são de 28° 16' 17,12" sul e 54° 50' 18,23" oeste e 236 metros acima do nível do mar. O município está localizado na região noroeste do estado. O clima da região é Cfa segundo a classificação climática de Köppen e Geiger, é um clima subtropical úmido, que se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C, com pluviosidade média anual em torno de 1600 mm, apresentando variações na primavera e no verão (ALVARES *et al.*, 2013).

O solo da área onde o experimento foi instalado é classificado como Latossolo Vermelho, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), pertencente à Unidade de Mapeamento de Santo Ângelo (EMBRAPA, 2018). Nessa área foi realizada uma análise de solo e em seguida no mês de março de 2021, foi feita a aplicação de corretivos e fertilizantes, sendo que o calcário e o super fosfato triplo foram incorporados após uma subsolagem seguida da gradagem.

Para saber as características químicas do solo em que o experimento foi implantado, com o auxílio de uma pá de corte, uma trena, uma faca e dois sacos plásticos, foi coletado amostras de solo nas camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, de forma transversal a linha de semeadura da cultura antecessora (Soja). Portanto, foram coletadas 10 subamostras de maneira aleatória em pontos da área do experimento, ao final da coleta foi retirado 500 g de solo representativos de cada camada coletada e posteriormente encaminhada a um laboratório de análises de solo.

Os resultados obtidos através dessa análise se encontram abaixo na Tabela 1, a partir desses foram calculadas as doses de fertilizantes necessárias, de acordo com o manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, para expectativa de rendimento de 3 ton ha⁻¹ de trigo, indicando a necessidade de adicionar 40 kg de N ha⁻¹, e 55 kg ha⁻¹ de K₂O. No experimento não foi utilizado qualquer tipo de adubação fosfatada mineral.

Tabela 1– Atributos químicos de camada estratificada 0-10 cm e 10-20 cm do solo da área do experimento.

Amostra (cm)	Argila (%)	pH H ₂ O (1:1)	Índice SMP	CTC efetiva (cmolc/dm ⁻³)	CTC pH7 (cmolc/dm ⁻³)	MO (%)	P (mg L ⁻¹)	K (mg L ⁻¹)	Ca (cmolc/dm ⁻³)	Mg (cmolc/dm ⁻³)	Al (cmolc/dm ⁻³)
0 - 10	48	6,3	6,6	12,3	14,6	3,1	17,8	144	7,9	4,0	0,0
10 - 20	75	5,5	6,1	9,0	12,8	2,5	6,4	68	5,3	3,5	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Nessa área não houve a necessidade de calagem em virtude do pH em H₂O ser maior que 5,5, a saturação de alumínio está abaixo de 30% na camada 10 - 20 cm, e saturação de bases maior de 65%. Os níveis de fósforo e potássio no solo apresentam teores altos (CQFS-RS/SC, 2016).

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Para a realização do experimento, foi utilizado um delineamento experimental em esquema fatorial com blocos ao acaso (DBC), constituído por 4 cultivares diferentes de trigo com inoculação e 4 cultivares sem inoculação nas sementes, sendo portanto, 8 tratamentos e 3 repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental é constituída com 1,53 metros de largura (9 linhas de semeadura com espaçamento de 17 cm) e 6 metros de comprimento, resultando em uma área de 9,18 m² cada parcela, sendo que a área útil utilizada na colheita foi somente as 5 linhas centrais em 4 metros de comprimento, portanto, a área total utilizada para o experimento ficou em torno de 280 m². Os posicionamentos dos tratamentos e suas respectivas repetições nos blocos foram definidos por sorteio.

Com o auxílio de uma trena e algumas estacas foi delimitado o tamanho das áreas de cada bloco e tratamentos, sendo que há uma distância de 50 cm entre um bloco e outro para transitar durante o manejo, e entre uma parcela e outra ficou com 34 cm, pois para a semeadura foi utilizada uma semeadora adubadora com o sistema dosador de sementes mecânico de 29 linhas com espaçamento de 17 cm, no entanto, a cada 9 linhas foi fechada uma linha para se ter um espaçamento maior entre as parcelas, portanto, a cada passada com a semeadora 3 parcelas eram semeadas.

A dose que se utilizou na inoculação das sementes com o produto a base de *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*, foi de 100 mL ha⁻¹, na concentração do produto de 4x10⁹ células viáveis por mL.

4.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo da área para a implantação do experimento ocorreu 15 dias antes da semeadura, através de dessecação de plantas daninhas com aplicação de ingredientes ativos Cletodim na dose de 96 g i.a e Glifosato na dose de 1,08 kg i.a, juntamente com óleo mineral na concentração de 0,5% v/v por hectare, respectivamente, com o uso de pulverizador agrícola autopropelido Jacto 2000.

A semeadura do experimento foi realizada no dia 4 de junho de 2022, estando dentro das recomendações do zoneamento agrícola de risco climático para o Estado do Rio Grande do Sul (ZARC, 2022). Antes da semeadura foram distribuídos 55 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (58% de K₂O) e 50 kg ha⁻¹ de uréia (45% de N) tudo a lançar antes da semeadura, e o restante da dose de N 50 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N) foi aplicado depois (27 DAE) na fase de perfilhamento do trigo, de maneira homogênea na área do experimento. Para a semeadura foi utilizada uma semeadora adubadora com o sistema dosador de sementes mecânico de 29 linhas com espaçamento de 17 cm da marca KF.

As quatro cultivares de trigo utilizadas no experimento são certificadas, sendo que as empresas obtentoras dessas cultivares são três. Portanto, duas cultivares da empresa Biotrigo Genética (TBIO), uma cultivar da Embrapa (BRS) e uma cultivar da OR Sementes (ORS). As cultivares utilizadas são:

Biotrigo Genética:

- Dessa empresa a cultivar utilizada foi a TBIO Ponteiro. Essa cultivar foi lançada no ano de 2017 e se classifica na classe comercial como trigo pão, apresenta ciclo médio tardio (150 dias), e a altura média da planta é média alta, com densidade ideal para a semeadura é de 300 a 330 plantas m⁻² (CUNHA *et al.*, 2022).
- Outra cultivar que também foi utilizada é a TBIO Toruk, sendo a Biotrigo Genética a obtentora dessa cultivar. Essa cultivar foi lançada no ano de 2014 e se classifica na classe comercial como trigo melhorador, apresenta ciclo

médio (135 dias), e a altura média da planta é baixa, a densidade ideal é de 300 a 330 plantas m^{-2} (CUNHA *et al.*, 2022).

OR Sementes:

- Dessa empresa foi utilizada a cultivar ORS Madrepérola. Essa cultivar foi lançada no ano de 2017 e se classifica na classe comercial como trigo pão, apresenta ciclo médio precoce (126 dias), e a altura média da planta é média, densidade ideal é de 300 a 330 plantas m^{-2} (CUNHA *et al.*, 2022).

Embrapa:

- Desta empresa a cultivar utilizada foi a BRS Belajoia. Essa cultivar foi lançada no ano de 2018 e se classifica na classe comercial como trigo pão, apresenta ciclo precoce ou médio (130 dias), e a altura média da planta é baixa, densidade ideal para semeadura é de 300 a 330 plantas m^{-2} (CUNHA *et al.*, 2022).

Todas as sementes são certificadas e tratadas com tratamento de semente industrial. A semeadora foi regulada para semear cerca de aproximadamente 56 sementes por metro linear, para poder atingir a população ideal, que em média para ambas cultivar, o ideal ficaria em torno de 300 a 330 pl m^{-2} .

A inoculação foi realizada próxima do momento da semeadura, com o auxílio de uma pipeta, sacos plásticos e um borrifador, onde foi borrifado o inoculante nas sementes dentro do saco plástico e em seguida chacoalhado várias vezes esse saco para se ter uma melhor homogeneidade da inoculação. A semeadura foi realizada cerca de 30 minutos após a inoculação das sementes.

Durante o experimento foi realizado o manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas, que pudessem de alguma forma prejudicar o bom desenvolvimento da cultura do trigo de acordo com a recomendação. No controle de plantas daninhas foi utilizado o produto comercial à base de metsulfurom-metílico na dose de 3 g i.a. ha^{-1} e Clodinafope-propargil na dose de 60 g i.a. ha^{-1} aos 25 dias após a semeadura.

No controle de pragas foram utilizadas duas aplicações de Tiametoxam na dose de 28,2 g i.a. ha^{-1} e Lambda-cialotrina na dose de 21,2 g i.a. ha^{-1} .

No controle de doenças foram utilizadas duas aplicações de fungicida, sendo a primeira com Piraclostrobina na dose de 78 g i.a. ha^{-1} e Epoxiconazol na dose de 48 g i.a. ha^{-1} , e a segunda com Bixafem na dose de 50 g i.a. ha^{-1} , Protioconazol na dose de 70 g i.a. ha^{-1} , Trifloxistrobina na dose de 60 g i.a. ha^{-1} .

A colheita do experimento foi realizada de forma manual, quando as plantas atingiram o estágio de grão maduro. Utilizando uma foice, algumas bolsas e uma trena, pois foram colhidos somente as 5 linhas centrais de cada parcela em 4 metros de comprimento. O trigo de cada parcela foi colocado em bolsas separadas e posteriormente foram feitas as avaliações de alguns componentes de rendimento da cultura.

4.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

As avaliações foram realizadas no laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo. Na avaliação pós colheita foi avaliado o número de espigas por área (NEA); o comprimento da espiga (CE); o número de grãos por espiga (NGE); o peso de hectolitro (PH); o peso de mil grãos (PMG); e a produtividade de grãos (PG).

O número de espigas por área (NEA) foi definido através da contagem das espigas em um metro linear.

Para o comprimento de espiga (CE) foi coletado aleatoriamente 10 espigas da área útil de cada parcela e com o auxílio de um paquímetro digital foram feitas as medidas.

O número de grãos por espiga (NGE) foi coletado aleatoriamente 10 espigas da área útil de cada parcela e feito a debulha a mão para posteriormente a contagem dos grãos.

O peso hectolitro (PH) foi determinado logo após a colheita para cada parcela e corrigindo a umidade para 13%.

O peso de mil grãos (PMG) foi estabelecido por meio da pesagem de cem grãos, fazendo se oito repetições para se obter a média, com a umidade corrigida para 13%, depois multiplicando o valor da média por 10.

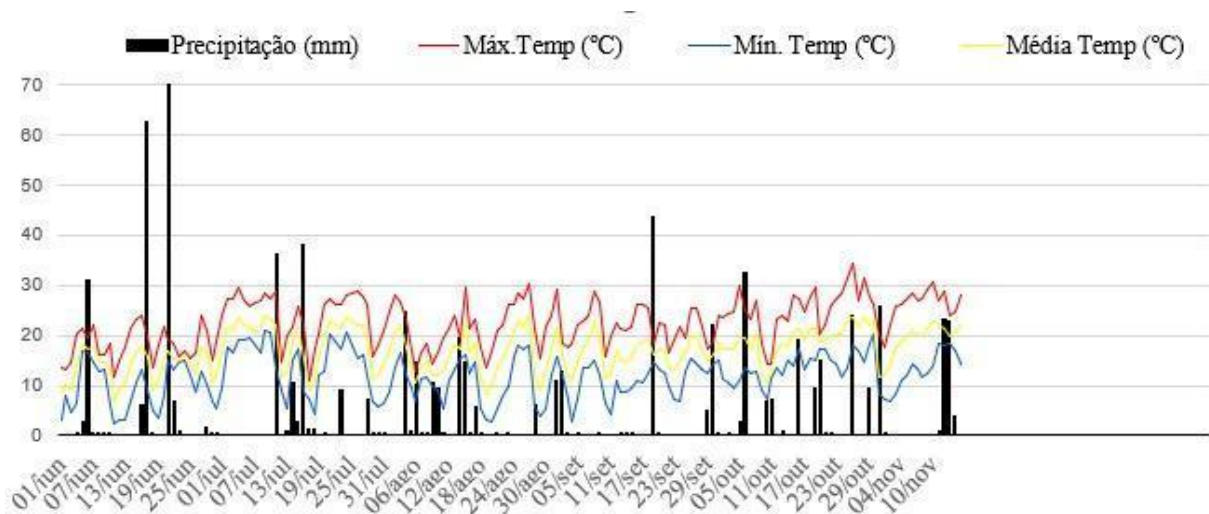
A produtividade de grãos (PG) foi determinada por meio da colheita e pesagem dos grãos em uma área de cinco linhas centrais em quatro metros de comprimento de cada parcela (3,4m²).

Os dados obtidos após as avaliações feitas, foram avaliados por meio das análises das variâncias (ANOVA), com o auxílio do software Sisvar®, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação pluviométrica em milímetros (mm) e temperatura média, mínima e máxima diária (graus celsius) do período do experimento (Figura 1) foram obtidos através da estação meteorológica automática da UFFS (Universidade Federal da Fronteira Sul) situada em Cerro Largo, RS.

Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°C) durante o período experimental (01/06/2022 à 10/11/2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A distância linear entre a estação e o experimento é de 16,4 km (GOOGLE EARTH, 2022). No período avaliado de 160 dias (Figura 1), ocorreu um acumulado de 653 mm de chuva.

Tabela 2 - Análise de variância para o número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por área (NEA), peso hectolitro (PH), comprimento da espiga (CE), peso de mil grãos (PMG), produtividade de grãos (PG), para as variáveis inoculação, cultivar, inoculação x cultivar em relação a P - value.

FV	P - VALUE					
	NGE	NEA	PH	CE	PMG	PG
Inoculação	0,00*	0,01*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Cultivar	0,06 ^{ns}	0,01*	0,03*	0,02*	0,01*	0,00*
Inoc x Cult	0,18 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,02*	0,00*	0,00*
CV (%)	5,82	4,58	0,19	4,45	0,54	1,07
Média Geral	51,65	57,33	77,54	8,30	33,34	3842,47

* Significativo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ^{ns} - não significativo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV% - coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por meio das análises de variâncias, verificou-se que houve interação significativa para as variáveis CE, PMG e PG, com probabilidade de erro de 5% de significância realizado pelo teste de Tukey (Tabela 2). Isso mostra que a inoculação para determinada cultivar terá diferença significativa para essas três variáveis.

Para as variáveis NGE, NEA e PH não houve interação significativa, porém ao avaliar os fatores individualmente, nota-se que a inoculação para NGE foi significativa, diferentemente do fator cultivar que mostra não ser significativo. Para as demais variáveis os fatores analisados individualmente mostraram ser significativos.

Não ocorreu interação significativa entre os fatores inoculação e cultivares para as variáveis NGE, NEA e PH de trigo, dessa forma os fatores foram avaliados independentemente (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias do número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por área (NEA), peso hectolitro (PH), sem inoculação (SI) e com inoculação (CI), de quatro cultivares de trigo.

Tratamentos		Variáveis		
Inoculação	NGE	NEA	PH	
SI	48,37 b	55,83 b	77,41 b	
CI	54,93 a*	58,83 a*	77,68 a*	
Cultivares				
TBIO Ponteiro	53,92 a*	59,83 a*	77,68 a*	
BRS Belajoia	52,90 a	58,67 ab	77,60 ab	
TBIO Toruk	50,40 a	56,33 ab	77,47 ab	
ORS Madrepérola	49,38 a	54,50 b	77,41 b	
CV (%)	5,82	4,58	0,19	

*Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra na coluna diferem significativamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV% - coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para o fator inoculação, o tratamento CI alcançou uma maior média para ambas as variáveis de NGE, NEA e PH, diferindo significativamente do tratamento SI, que obteve a menor média.

Através dos tratamentos estudados cultivares, para a variável NGE não houve diferença significativa entre as médias das cultivares. Esses resultados vêm ao encontro dos resultados encontrados por Pilonetto (2017), que observou no uso de *Bacillus subtilis* na cultura do trigo, o número de grãos por espiga demonstrou que não houve diferenças estatísticas. Mello *et al.* (2012) também não observaram incremento no número de grãos por espiga, quando foi feita a inoculação de *B. subtilis* em sementes de trigo.

A cultivar TBIO Ponteiro apresentou a maior média para NEA, não diferindo significativamente das cultivares Belajoia e Toruk. No entanto a cultivar Madrepérola apresenta uma menor média para NEA, e também não se difere significativamente das cultivares Toruk e Belajoia. Para Rocha (2022) os resultados de médias superiores estatisticamente só foram alcançados para NEA, quando se utilizou a inoculação das bactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, e *Bacillus megaterium* em conjunto, utilizado na cultura do trigo. Dessa forma a utilização de

bactérias em gramíneas, como é o caso do trigo, possui a capacidade de aumentar a liberação do fósforo que está retido no solo e de uma forma indisponível para a assimilação das plantas através de sua solubilização e mineralização (MENDOZA *et al.*, 2021).

O mesmo comportamento estatístico acontece para a variável PH, onde a cultivar TBIO Ponteiro apresenta a maior média e a cultivar ORS Madrepérola a menor média. Contudo as cultivares BRS Belajoia e TBIO Toruk, apresentaram valores médios intermediários para PH. Os valores de PH são influenciados pelo estado nutricional da cultura do trigo, sendo o nitrogênio o nutriente mais translocado para os grãos pela cultura (CORRÊA *et al.*, 2006).

Os resultados das médias de comprimento da espiga (CE) mostram que houve interação significativa entre as cultivares com o uso da inoculação e sem a inoculação (Tabela 4). Portanto, na avaliação do CE, as médias variaram de 7,72 a 9,46 centímetros, sendo possível destacar que houve diferença significativa nos tratamentos utilizados.

Tabela 4 – Médias do comprimento da espiga - CE (cm) de quatro cultivares de trigo sem inoculação (SI) e com inoculação (CI).

Cultivares	Inoculação	
	SI	CI
TBIO Ponteiro	7,72 Ba	9,46 Aa*
BRS Belajoia	7,75 Ba	9,01 Aab
TBIO Toruk	7,92 Ba	8,36 Bb
ORS Madrepérola	8,08 Ba	8,13 Bb
CV (%)	4,45	

*Médias não seguidas por mesma letra diferem significativamente pelo Teste de Tukey, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, ao nível de 5% de significância. CV% - coeficiente de variação.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A inoculação aumentou significativamente para as cultivares TBIO Ponteiro e BRS Belajoia. O que significa que o uso da inoculação fez com que essas duas cultivares apresentassem um maior CE.

A inoculação para cultivar ORS Madrepérola e TBIO Toruk não apresentou aumento significativo. Isso mostra que para essas duas cultivares o uso da inoculação não apresentou aumento de CE.

Podemos observar que os tratamentos em que não foi feita a inoculação, não houve diferença significativa entre as cultivares. Isso mostra a importância da inoculação, que nesse caso comparando CI com SI, CI se mostrou ser eficiente. Estes resultados se correlacionam com os observados por Cavallet *et al.* (2000), que obtiveram crescimento significativo no comprimento de espigas, nos tratamentos onde foi inoculado um produto à base de *Bacillus subtilis*, e este mesmo autor encontrou correlação positiva entre o comprimento da espiga e a produtividade de grãos.

Para as cultivares TBIO Toruk e ORS Madrepérola, o uso da inoculação não se mostrou eficiente, pois apresentou uma menor média CE, não diferindo significativamente de quando não se usou a inoculação. Dessa forma, observa-se que os resultados mais baixos encontrados é quando não se utiliza a inoculação, pois as médias não diferem estatisticamente entre essas duas cultivares. Podemos dizer que o uso da inoculação aumenta o CE de trigo para determinada cultivar, corroborando a isso, estão os resultados encontrados por Rocha (2022), que observou que os resultados para o comprimento da espiga de trigo indicam efeito positivo da inoculação com *Bacillus subtilis* na cultura do trigo.

Os resultados encontrados do peso de mil grãos (PMG) em gramas (g), mostram que houve interação significativa entre as cultivares com o uso da inoculação e sem o uso da inoculação (Tabela 5).

Tabela 5 – Médias do peso de mil grãos - PMG (g) de quatro cultivares de trigo sem inoculação (SI) e com inoculação (CI).

Cultivares	Inoculação	
	SI	CI
TBIO Ponteiro	31,62 Bc	34,73 Aa*
TBIO Toruk	32,41 Bb	34,44 Aab
BRS Belajoia	32,90 Ba	34,12 Abc
ORS Madrepérola	33,34 Ba	33,81 Ac
CV (%)	0,54	

*Médias não seguidas por mesma letra diferem significativamente pelo Teste de Tukey, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, ao nível de 5% de significância. CV% - coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O uso da inoculação foi eficiente para todas as cultivares, apresentando aumento significativo de PMG. Estudos realizado por Silva (2017), indicam que o PMG é influenciado pelo uso de *Bacillus subtilis*, porém se obteve os melhores resultados quando utilizou *Bacillus subtilis* com *azospirillum* na inoculação das sementes mais adubação nitrogenada em parte aérea de trigo. Corroborando com esse resultado Didonet *et al.* (2000), verificaram que a translocação do nitrogênio presente na biomassa para os grãos os torna mais pesados e mais cheios, isso se deve a bactéria *B. subtilis* possuir a capacidade de auxiliar na fixação de nitrogênio na planta, por isso a importância dessas bactérias serem utilizadas em conjunto, pois as duas promovem um benefício para a cultura do trigo.

Com inoculação a cultivar TBIO Ponteiro apresentou a maior média de PMG, não diferindo significativamente da cultivar TBIO Toruk. Já a cultivar ORS Madrepérola apresenta a menor média de PMG, não diferindo significativamente da cultivar BRS Belajoia. Um estudo realizado por Santos (2021) concluiu que a inoculação de *B. megaterium* e *B. subtilis* é eficiente, aumentando o PMG e consequentemente obtendo maior produtividade de aveia branca, e por ser uma gramínea parecida com o trigo pode se assemelhar a esses resultados.

Sem o uso da inoculação o melhor desempenho é encontrado na cultivar ORS Madrepérola, que ainda apresentou um bom valor médio de PMG, não tendo diferença estatística da cultivar BRS Belajoia que apresentou resultado parecido. Já a cultivar TBIO Ponteiro apresenta o pior comportamento, tendo a menor média de PMG e diferindo significativamente das demais cultivares.

Na avaliação das médias da produtividade de grãos (PG), as médias variaram de 3721,30 a 4135,50 quilogramas. Portanto, os resultados de PG indicam que houve interação significativa (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias da produtividade de grãos - PG (kg) de quatro cultivares de trigo sem inoculação (SI) e com inoculação (CI).

Cultivares	Inoculação	
	SI	CI
TBIO Ponteiro	3785,70 Ba	4135,50 Aa*
BRS Belajoia	3811,57 Ba	3927,23 Ab
TBIO Toruk	3730,33 Ba	3880,07 Ab
ORS Madrepérola	3721,30 Ba	3748,07 Bc
CV (%)	1,07	

*Médias não seguidas por mesma letra diferem significativamente pelo Teste de Tukey, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, ao nível de 5% de significância. CV% - coeficiente de variação.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A cultivar TBIO Ponteiro com o uso da inoculação conseguiu apresentar a maior média de PG, diferindo significativamente de quando não se usou a inoculação. O mesmo comportamento foi expresso pelas cultivares BRS Belajoia e TBIO Toruk. Isso mostra que a inoculação para essas três cultivares foi significativa estatisticamente, aumentando a produtividade. Comparado a isso, em experimentos realizados por Silva (2017) o rendimento de grãos obteve melhores resultados quando se utilizou *bacillus subtilis* na inoculação e nitrogênio da parte aérea. Isso mostra que a bactéria possui um efeito significativo para a PG de trigo.

Já a cultivar ORS Madrepérola demonstrou comportamento diferente, pois foi a cultivar que obteve a menor média de PG, diferindo significativamente das demais cultivares. Para esse caso o uso da inoculação não teve eficiência. Isso se identifica com o trabalho realizado por Mello *et al.* (2012), que não observaram incremento na produtividade de grãos, quando foi feita a inoculação de *B. subtilis* em sementes de trigo. Portanto, isso nos mostra que algumas cultivares são mais responsivas ao uso da inoculação, que para esse caso as cultivares de trigo com maior ciclo apresentam uma maior eficiência da inoculação.

Quando não se faz o uso da inoculação, não há diferença significativa das médias de PG entre as cultivares. Isso mostra a importância da inoculação, que demonstra ser mais eficiente aumentando a PG.

Com o uso da inoculação dentre as cultivares, a cultivar TBIO Ponteiro é a que se destaca por apresentar a maior média de PG, diferindo significativamente das demais cultivares. Já a cultivar Madrepérola é a que apresenta a menor média de PG, diferindo significativamente das outras cultivares. Novamente o uso da inoculação se reflete no maior desempenho para uma cultivar de ciclo mais longo. Relativo a estes resultados, estudos realizados por Radons (2016) a aplicação de *B. subtilis* na inoculação de sementes e aplicação via aérea proporcionaram ganhos de rendimentos na cultura do trigo. Visto que esse mesmo autor utiliza em seu experimento uma cultivar de ciclo tardio, o que enfatiza ainda mais o porque as melhores médias de PG se encontram nas cultivares de ciclo mais longo.

Um fator interessante nesse trabalho é que para todas as variáveis analisadas a cultivar TBIO Ponteiro com inoculação sempre se mostrou com uma maior média perante as outras cultivares, desta forma pressupõe que por essa cultivar apresentar um ciclo mais longo que as demais, ela teria mais tempo das raízes em contato com as bactérias, sendo assim, essas bactérias conseguem solubilizar mais fósforo do solo para disponibilizar para as plantas. Portanto as cepas de *B. subtilis* e *B. megaterium* promovem crescimento com propriedades distintas, além de estimular o aumento da superfície e área radicular, havendo uma maior produção de raízes mais finas, formação de biofilme (SOUSA *et al.*, 2020; VELLOSO *et al.*, 2020).

Outro fator interessante do aumento da PG com o uso da inoculação, pode estar ligado com o estímulo hormonal nas plantas que as bactérias *Bacillus megaterium* e *B. subtilis* são capazes de realizar. Relacionado a isso Carvalho *et al.* (2009), concluíram que as bactérias *B. megaterium* produzem substâncias promotoras do crescimento de trigo, promovendo um maior desenvolvimento. Estudos realizados por Santos *et al.* (2021), ao testarem a inoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* na cultura da aveia branca, observaram que o uso do inoculante promoveu aumento na taxa de crescimento e no diâmetro, obtendo maior produtividade.

Autores como Bini *et al.* (2021) falam que há vários trabalhos que expressam o potencial das bactérias *B. subtilis* e *B. megaterium*, agregando na produção média

de grãos de milho e soja, porém muitas vezes erros de armazenamento do produto, manipulação e aplicação podem não expressar os resultados esperados. No entanto, ainda é pouco a quantidade de materiais que aprofundam sobre a eficiência e a eficácia de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura do trigo, portanto para obter resultados mais confiáveis é necessário a realização de pesquisas mais detalhadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que o uso da inoculação em sementes de trigo com *Bacillus megaterium* e *B. subtilis*, houve interação significativa para as variáveis CE, PMG e PG e o uso da inoculação para essas variáveis proporcionou os melhores resultados.

A cultivar TBIO Ponteiro com inoculação se destaca por apresentar efeito significativo para todas variáveis analisadas.

Para a variável PMG, o uso da inoculação apresentou o melhor desempenho na médias dos resultados para todas as cultivares.

As cultivares TBIO Ponteiro, BRS Belajoia e TBIO Toruk obtiveram uma maior produtividade de grãos com o uso da inoculação.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. S. et al. **Maize endophytic bacteria as mineral phosphate solubilizers**. Genetics and Molecular Research, 2017. Disponível em: <https://www.geneticsmr.org/articles/maize-endophytic-bacteria-as-mineral-phosphate-solubilizers.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- ABITRIGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO. **História do Trigo**. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/conhecimento-farinha-trigo.php>. Acesso em: 12 jun. 2022.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Clayton_Alcarde_Alvaes/publication/263088914_Koppen's_climate_classification_map_for_Brazil/links/5f4a615b299bf13c5050b43b/Koepkens-climate-classification-map-for-Brazil.pdf. Acesso em: 25 jul. 2022.
- ARCAND, M.M.; SCHNEIDER, K.D. Plant-and microbial- based mechanisms to Improve the agronomic effectiveness of phosphate rock: a review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 791-807,2006. Disponível em: <http://old.scielo.br/pdf/aabc/v78n4/a13v78n4.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2022.
- BAHADIR, PINAR SÖZER; LIAQAT, FAKHRA; e ELTEM, RENGİN (2018). "Propriedades promotoras do crescimento de plantas de espécies de Bacillus solubilizantes de fosfato isoladas da região do mar Egeu da Turquia", **Turkish Journal of Botany** : Vol. 42: Nº 2, pág. 183-196, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3906/bot-1706-51>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- BATISTA, F. de C. *et al.* **Potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos de milho em solubilizar o fosfato de ferro e produzir sideróforos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183975/1/bol-166.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.
- BISSANI, Carlos Alberto et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008.
- BRANCO, S.M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. **Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral**. Engenharia sanitária e ambiental, v. 6, n. 3, 2001. Disponível em: <https://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v6n34/v6n34a01.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- CARVALHO, D. D. C., *et al.* **RIZOBACTÉRIAS PRODUTORAS DE PROMOTORES DO CRESCIMENTO DE PLANTAS**. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 39, n. 4, p. 338-341, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/ronal/Downloads/3947-Texto%20do%20artigo-31210-31598-10-20091201.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2023.

Cavallet, L.E., Pessoa, A.C.S., Helmich, J.J., Helmich, P.R., Ost, C.F. **Produtividade do trigo em resposta à aplicação de Fósforo e inoculação das sementes com *Bacillus subtilis***. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. CQFS-RS/SC. 11 ed.: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p. ISBN 978-85-66301-80-9.

CANELO, R. A., *et al.* **Efeito do pó-inerte na conservação e armazenamento dos grãos de trigo**. Cultivando o saber. Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel, v.4, n.2, p.71-80, 2011. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/337/250>. Acesso em: 30 jun. 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise Mensal**. Disponível em: <file:///C:/Users/ronal/Downloads/TrigoZ-ZAnaliseZMensalZ-ZAgostoZ2021.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A Cultura do Trigo**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf. Acesso em: 12 jan. 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Trigo - Análise mensal**. Disponível em: <file:///C:/Users/ronal/Downloads/TrigoZ-ZAnaliseZMensalZ-ZAbrilZ2022.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

CORRÊA, P. C. *et al.* **Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.665-670, 2006.

CUNHA, A. R., *et al.* **Informações Técnicas Para Trigo e Triticale Safra 2022**. Fundação ABC e Biotrigo Genética. Disponível em: <https://www.conferencebr.com/conteudo/arquivo/informacoes-tecnicas-para-trigo-e-triticale--safra-2022-1649081250.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

CUNHA, G. R., *et al.* Trigo. In. MONTEIRO J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.p.282-283 Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355291/37056285/Bases+climatol%C3%B3gicas_G.R.CUNHA_Livro_Agrometeorologia+dos+cultivos.pdf/13d616f5-cbd1-7261-b157-351eaa31188d?version=1.0. Acesso em: 13 jun. 2022.

DE OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal. **Embrapa**

Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E), 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/624875/1/doc161.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

DIDONET, A. D. et al. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 401-411, 2000.

EMBRAPA, Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. ed. 5. Brasília: Embrapa - Solos, 2018. 356 p.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; RIBEIRO, M. F. S. Chemical modifications caused by liming below the limed layer in a predominantly variable charge acid soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 35, p. 889-901, 2004.

FINGER, G. P. **Efeito do fósforo sobre a interação das bactérias isoladas da rizosfera de guandu "(cajanus cajan)"**. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2002.

FREITAS, J.R. **Atividade da enzima fosfatase ácida em folhas e raízes de feijoeiro *Phaseolus vulgaris***. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, p. 26, 1995.

GATIBONI, Luciano Colpo. **DISPONIBILIDADE DE FORMAS DE FÓSFORO DO SOLO ÀS PLANTAS**. 2003. 247 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3154/LUCIANO%20GATIBONI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Fracionamento químico das formas de fósforo do solo: usos e limitações. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v.8, p.141-187, 2013.

GOOGLE EARTH. **Medida de distância linear entre dois pontos**. Disponível em: <http://earth.google.com/> 2022.

KALAYU, Girmay. Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers. **Microrganismos solubilizadores de fosfato: abordagem promissora como biofertilizante. Microorganismos solubilizadores de fosfato: enfoque prometedor como biofertilizantes. International Journal of Agronomy**, v. 2019, 2019. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ija/2019/4917256/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

Luz, W. C. **Evaluation of plant growth - promoting and bioprotecting rhizobacteria on wheat crop**. **Fitopatologia Brasileira**, 26(3), 597-600, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582001000300003>. Acesso em: 30 jul. 2022.

MARRA, L. M. *et al.* Solubilization of inorganic phosphates by inoculant strains from tropical legumes. **Scientia Agricola**, v.68, 2011.

MARTIN, M.; CELI, L.; BARBERIS, E. **Desorption and plant availability of myoinositol hexaphosphate adsorbed on goethite**. *Soil Sci.*, 169: 115-124, 2004

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.563-570, 2007.

MELLO, N. **INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NAS CULTURAS DE MILHO E TRIGO**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012. Disponível em: <http://www.ppgagro.upf.br/download/naianademello.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

MENDES, I. C.; JUNIOR, F. B. R.. **Microrganismos e Disponibilidade de Fósforo (P) nos Solos: uma análise crítica**. Planaltina /DF, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568171/1/doc85.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.

MENDES, G. O. *et al.* Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. **Annals of Microbiology**, v. 64, n. 1, p. 239-249, 2014.

MENDONÇA, J. J. *et al.* **Diversidade, mecanismos de atuação e potencial agrícola de bactérias promotoras de crescimento de plantas, usando milho como cultura exemplo**. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v. 25, n. 2, 02 setembro 2020.

MENDOZA, M. P. *et al.* Estudio de metabolitos producidos por bacterias que solubilizan fosfato aislado de la raíz y rizoplano de gramíneas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 4944-4949, 2021.

MEYE, M. C. *et al.* Bioinsumos na cultura da soja / editores técnicos — Brasília, Cap.9: **Microrganismos solubilizadores de fósforo e potássio na cultura da soja**. DF:Embrapa,2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143389/1/Microrganismos-solubilizadores-de-fosforo-e-potassio-na-soja.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2023.

MOCELLIN, R. S. P. Princípios da adubação foliar: **coletânea de dados e revisão bibliográfica**. **Omega, Canoas**. 83p, 2004. Disponível em: <http://atividaderural.com.br/artigos/4ee8d034c1796.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa, MG, 1 ed. 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, C. A. *et al.* Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos®(Bacillus subtilis CNPMS B2084 e Bacillus megaterium CNPMS B119) nas culturas de milho e soja. **Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126348>. Acesso em: 14 jun. 2022.

Pei-Xiang, Y., Li, M. A., Ming-Hui, C., Jia-Quin, X., Feng, H. E., Chang-Qun, D., Ming-He, M., Dun-Huang, F., Yan-Qing, D. & Fa-Xiang, Y. (2012). Phosphate solubilizing ability and phylogenetic diversity of bacteria from phosphorus rich soils around Dianchi lake drainage area of China. **Pedosphere**, 22(5), 707-716. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1002016012600563?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jun. 2022.

PILOTELLO, R. F. **O USO DE Bacillus subtilis NO CULTIVO DE TRIGO EM CURITIBANOS - SC.** Repositório. Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Curitibanos. Curitibanos. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/177082>. Acesso em: 23 jan. 2023.

RANDONS, A.F.S. **Avaliações Da Aplicação De Bacillus Subtilis na Cultura do Trigo.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação), Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul – Curso de Agronomia, 2016.

ROCHA, Matheus. **Inoculação de Azospirillum brasilense, Bacillus megaterium e bacillus subtilis na cultura do trigo no Noroeste do estado do Rio Grande do Sul.** Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS. p 19. 2022. Disponível em: https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2655/28329_trabalho_de_conclusao_de_curso_matheus_rocha.pdf?sequence=-1. Acesso em: 6 jan. 2023.

RODRÍGUEZ, Hilda; FRAGA, Reynaldo. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Bactérias solubilizadoras de fosfato e seu papel na promoção do crescimento vegetal. Bacterias solubilizadoras de fosfato y su papel en la promoción del crecimiento de las plantas. **Biotechnology advances**, v. 17, n. 4-5, p. 319-339, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975099000142>. Acesso em: 28 jun. 2022.

SALAMONI, S. P., e DE PROENCI, G. (2014). **ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO VEGETAL.** Seminário De Iniciação Científica E Seminário Integrado De Ensino, Pesquisa E Extensão, 354. Disponível em: <https://unoesc.emnuvens.com.br/siepe/article/view/5508>. Acesso em: 28 jun. 2022.

SANTANA, F. M. *et al.* **MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO DE DOENÇAS DE TRIGO.** Embrapa, Documentos, n. 108, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990828/manual-de-identificacao-de-doencas-de-trigo>. Acesso em: 23 dez. 2022.

SANTOS, D. R.; COLPO, L. C.; KAMINSKI, J. **Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.2, p.576-586, mar-abr, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/CGKVc6BnjKqMGzf38RmCpDb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 jun. 2022.

SANTOS, AF dos; CORRÊA, BO; KLEIN, J.; BONO, JAM.; PEREIRA, LC; GUIMARÃES, VF; FERREIRA, MB **Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*.** *Investigação, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.], v. 10, n. 5, pág. e53410515270, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.15270. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15270>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SCHEEREN, P.L., CASTRO R.L. de CAIERÃO E., Botânica, Morfologia e Descrição Fenotípica. In. BORÉM, A., SCHEEREN, P.L. **Trigo: do plantio à colheita.** Viçosa, MG: UFV, 2015. 260 p.p.35-36. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1022684>. Acesso em 13 jun. 2022.

SILVA FILHO, Germano Nunes; VIDOR, Caio. Solubilização de fostatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 311-319, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000200008>. Acesso em: 20 jun. 2022.

Silva, D. R. D. **Avaliação de *Bacillus Subtilis*, *Trichoderma*, e *Azospirillum* na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.).** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí. 2017. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/4921/Dionatas%20Rodrigues%20da%20Silva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 jan. 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 376p. 2016.

SOUSA, S. M. de; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. de P.; GOMES, E. A. Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 867-877, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10146-9>. Acesso em 16 jun. 2022.

SOUSA, S. M.; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. de P.; GOMES, E. A. Tropical

Bacillus strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 1, p. 1-11, 2020.

OLIVEIRA-PAIVA, Christiane Abreu de. et al. **Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2021. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135409/1/COT-252-BiomaPhos-duvidas-frequentes-e-boas-praticas.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

TAKEITI, C. Y. **Trigo**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2015. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girlwnqt02wx5ok05vadr1qnof0m.html. Acesso em: 16 jun. 2022.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution (PSD) on line**. Disponível em:

<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em: 12 jan. 2022.

WONG, W. S. *et al.* The Importance of Phytohormones and Microbes in Biofertilizers. In: Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem. **Sustainable Development and Biodiversity**. [s.l.] Springer, Cham, 2015. p. 105–158.

VALÉRIO, I. P. et al. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 319-326, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/CgfZLFXMs6hJhxRzyMGdG3C/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 17 jul. 2022.

VELLOSO, C. C. V.; OLIVEIRA, C. A.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. de P.; CARVALHO, C. G.; GUIMARÃES, L. J. M.; PASTINA, M. M.; SOUSA, S. M. Genome-guided insights of tropical Bacillus strains efficient in maize growth promotion. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 96, n. 9, fiae157, 2022.

ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO AGROCLIMÁTICO - ZARC. **Programa Nacional de zoneamento agrícola de risco climático**. Disponível em: 45

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/rio-grande-dosul/word/PORTN07TRIGODESEQUEIRORS.ret.pdf>. Acesso em: set. 2022.

ZAREI, T. *et al.* Improving sweet corn (*Zea mays* L. var *saccharata*) growth and yield using *Pseudomonas fluorescens* inoculation under varied watering regimes. **Agricultural Water Management**, v. 226, 20 dezembro 2019.