

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Ana Paula da Silva

**INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE TRIGO**

Frederico Westphalen, RS  
2023

Ana Paula da Silva

**INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* PARA O DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (Campus de Frederico Westphalen, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Rodrigo Ferreira da Silva

Frederico Westphalen, RS  
2023

**Ana Paula da Silva**

**INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* PARA O DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE TRIGO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (Campus de Frederico Westphalen, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Aprovado em 13 de julho de 2023

---

**Rodrigo Ferreira da Silva, Dr.**  
(Orientador)

---

**Vanderlei Rodrigues da Silva, Dr.**  
(Comissão de Avaliação UFSM)

---

**Lucindo Somavilla**  
(Comissão de Avaliação UFSM)

Frederico Westphalen, RS  
2023.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me conduzir durante esta jornada e estar ao meu lado em todos os momentos.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelas oportunidades durante minha graduação.

Aos meus pais Juarez e Marisa e meus irmãos Juliano e Fernanda, por me apoiarem de toda forma possível nessa jornada, por todo carinho e atenção e por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e incentivando.

Ao meu orientador e professor Rodrigo Ferreira da Silva pela orientação e ensinamentos.

Aos professores Clovis Orlando da Ros, Vanderlei R. da Silva e Volmir S. Marchioro, pelos ensinamentos e por disponibilizarem equipamentos, casa de vegetação e laboratórios para avaliações.

Aos técnicos de laboratório Andrea da R. Giovenardi, Lucindo Somavilla, Marcela de M. Torchelsen, Michele Sauer e Felipe B. da Luz pelas orientações, auxílio e concessão de equipamentos para o desenvolvimento das análises, além de estarem sempre dispostos a ajudar e ensinar durante as análises e avaliações.

Ao meu namorado Felipe Lorensini, pela atenção, carinho, paciência e por estar sempre ao meu lado durante essa caminhada.

Aos amigos e colegas de laboratório de Biologia e Microbiologia do solo pela ajuda e apoio na realização deste trabalho: Sinara Barros, Eduardo Canepele, Nelson Emanuel e Laura Boff. Além dos antigos membros que fizeram parte ao longo do período que estive no laboratório: Fernanda Devens, Djavan Coinaski, Juliano Stumm, Daiane Andreola, Nicolas Fin, Claudiane Bellochio e Ricardo Turchetto.

Ao demais amigos, professores e funcionários da UFSM/FW.

A todos aqueles não citados, mas que contribuíram de uma forma ou de outra e fizeram parte desta conquista.

**A TODOS O MEU MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

### INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* PARA O DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE TRIGO

AUTORA: Ana Paula da Silva  
ORIENTADOR: Rodrigo Ferreira da Silva

O trigo é um dos cereais mais produzidos no mundo, essa cultura é extremamente exigente em nitrogênio, para uma produção elevada opta-se por cultivares com maior potencial produtivo, que conseqüentemente necessitam de maior extração desse nutriente. Em gramíneas, como o trigo, a assimilação de nitrogênio poderá ser mais eficiente e compensatória através de bactérias como a *Azospirillum brasilense*. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de *A. brasilense* no desenvolvimento de diferentes cultivares de trigo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 3), sendo com e sem inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense*, três cultivares de trigo (Audaz, Duque e Trunfo), com 6 repetições. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vaso de cultivo contendo 4 plantas, este, considerado uma unidade experimental. Avaliou-se altura de plantas, número de perfilhos, peso de mil sementes, produtividade, N no grão, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz. A inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* não se mostrou promissora; Não se observou destaque de nenhuma das cultivares frente ao uso da inoculação; Outros estudos são necessários para elucidar os efeitos da inoculação sobre o cultivo de trigo.

Palavras-chave: nitrogênio, bactérias, produtividade.

## ABSTRACT

### INOCULATION OF *Azospirillum brasilense* FOR THE DEVELOPMENT OF WHEAT CULTIVARS

AUTHOR: Ana Paula da Silva  
ADVISOR: Rodrigo Ferreira da Silva

Wheat is one of the most produced cereals in the world, this crop is extremely demanding in nitrogen, for a high production we opt for cultivars with greater productive potential, which consequently require greater extraction of this nutrient. In grasses, such as wheat, nitrogen assimilation may be more efficient and compensatory through bacteria such as *Azospirillum brasilense*. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of *A. brasilense* inoculation on the development of wheat cultivars. The experimental design used is completely randomized in a factorial arrangement (2 x 3), with and without inoculation of the bacterium *Azospirillum brasilense*, and 3 wheat cultivars (Audaz, Duque and Trunfo), with 6 replications, each vessel being considered an experimental unit. The effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on the development of wheat cultivars was not significant. In addition, it was not possible to identify the wheat cultivar most responsive to inoculation. In this sense, further studies are needed to evaluate these effects.

Keywords: nitrogen, bacteria, productivity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo na Altura de plantas (cm).....	22
Figura 2 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo no número de perfilhos.....	23
Figura 3 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo Peso de mil sementes (kg)....	24
Figura 4 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo na Produtividade de trigo (kg ha <sup>-1</sup> ).....	24
Figura 5 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo para Nitrogênio no grão (g kg <sup>-1</sup> ).....	25
Figura 6 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo para Massa seca da parte aérea (g).....	26
Figura 7 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo para Massa seca de raíz (g)..	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise física e química da mistura de solo + areia utilizada para cultivo de trigo.....	19
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>13</b>
13.1 A CULTURA DO TRIGO	13
14.2 AS CULTIVARES	14
15.3 NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO TRIGO E SUA IMPORTÂNCIA	15
16.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN)	17
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>18</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>21</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo é um dos principais cereais cultivados, com abrangência em diversas regiões. A cultura apresenta grande importância na alimentação humana pela utilização de seus sub-produtos derivados, sendo ingrediente principal na produção de farinha, para pães, tortas, bolos e massas. Também é utilizada na alimentação animal, como componente de ração e forragem, além de apresentar valor econômico por ser utilizado na produção de cosméticos, cola, produtos farmacos e álcool (DE MORI, 2015).

No Brasil o plantio de trigo teve um grande avanço no século 20, se espalhando na década de 40 para os estados do Rio Grande do Sul e Paraná (ABITRIGO, 2023). Nesses estados segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, USDA (2023), se concentra a maior produção de trigo da região sul do Brasil, correspondendo cerca de 85% do total da produção brasileira.

O cultivo de trigo vem aumentando nos últimos anos no país, estima-se que a área semeada para o ano de 2023 seja cerca de 3,30 milhões de hectares, onde a produção deve ficar em 9,773 milhões de toneladas segundo o levantamento para safra brasileira de grãos, projetado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023).

Para obter maior produtividade e rentabilidade é necessário melhorias nas práticas de manejo adotadas na lavoura de trigo, sendo uma delas o fornecimento eficiente dos nutrientes exigidos pela cultura (DE BONA *et al.*, 2016). Um dos nutrientes mais demandados pela planta é o nitrogênio, pela presença em alta quantidade nos tecidos vegetais e nos grãos (DE BONA *et al.*, 2016). O nitrogênio (N) constitui o principal macroelemento que impacta na produtividade do trigo, pois participa de uma série de rotas metabólicas, sendo constituinte de importantes biomoléculas, tais como ATP, NADPH, clorofila, proteínas de armazenamento, ácidos nucleicos e enzimas (HARPER, 1994). Sua atividade é fundamental para a produtividade da cultura e seu desenvolvimento.

A nutrição do trigo é suprida basicamente com uso de fertilizantes industriais, o que representa parte importante do custo de produção, destacando-se o N. Devido exigir alta pressão e temperatura para sua fixação industrial (ANDRADE *et al.*, 2019; MENDES *et al.*, 2011). Uma das formas de assimilação de N é através da fixação biológica de nitrogênio feita por microrganismo (REIS *et al.*, 2018). Segundo

ALVAREZ et al. (1996), as bactérias do gênero *Azospirillum*, além de fixadoras assimióticas de N<sub>2</sub>, também são consideradas rizobactérias promotoras de crescimento de plantas comumente associadas com raízes de cereais.

Nesse sentido, gramíneas como o trigo, milho e arroz podem ser associadas com a bactéria *Azospirillum brasilense* (FREITAS; RODRIGUES, 2010). Na fixação biológica de nitrogênio em gramíneas, sabe-se que as respostas ao uso de inoculantes são dependentes da relação direta da planta cultivada, do microrganismo e do ambiente (REIS *et al.*, 2018). Entretanto, tornasse uma alternativa importante que pode auxiliar na redução da utilização de adubos nitrogenados, trazendo vantagens econômicas ao produtor e ao ambiente (BARBOSA *et al.*, 2012).

Empresas de melhoramento genético tem desenvolvido novas cultivares de trigo, visando ideótipos de plantas com melhora de resistência, maior potencial de rendimento e qualidade de grãos (SCHEREEN; CAIERÃO, 2015). Com o acréscimo do potencial produtivo das novas cultivares de trigo, se eleva o uso de fertilizantes no campo, sendo que assim a extração de nutrientes requerida pela planta é maior devido ao aumento da sua produtividade, necessitando assim, de maiores adubações (DE BONA *et al.*, 2016). Desse modo, as bactérias fixadoras de nitrogênio poderão ser uma alternativa para suprir totalmente ou parcialmente a necessidade de N dessas cultivares.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o efeito da inoculação de *A.brasilense* no desenvolvimento de cultivares de trigo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a relação entre diferentes cultivares de trigo e a inoculação com *A. brasilense*.
- Identificar a cultivar de trigo mais responsiva a inoculação de *A. brasilense*.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo é uma cultura que teve sua origem no Oriente Médio, onde até hoje são encontrados progenitores selvagens. O gênero *Triticum* possui grande número de espécies, sendo que os genótipos de trigo cultivados no Brasil são predominantemente da espécie *Triticum aestivum*. Os registros do surgimento desta cultura datam do período antes de cristo, onde com o passar dos anos, a tecnologia de produção deste cereal disseminou-se pelo mundo (BRUM e HECK, 2005).

A introdução da cultura do trigo no Brasil ocorreu na Capitania de São Vicente (São Paulo) em 1534, juntamente com o início da colonização. A expansão do trigo no Brasil ocorreu na Região Sul, principalmente devido à chegada de imigrantes de regiões temperadas da Europa, que já conheciam as técnicas de cultivo desta espécie (MUNDSTOCK, 1999). A cultura começou a se expandir comercialmente a partir de 1940 no Estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, seu cultivo inicialmente foi em solos pobres nutricionalmente e com altos teores de alumínio tóxico, desta forma, sua expansão se difundiu em 1969 para o norte e oeste do Paraná, levando este Estado à liderança na produção dessa cultura no Brasil (EMBRAPA, 2009). Cerca de 90% da produção nacional está concentrada nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, (CONAB, 2023).

O trigo é considerado a cultura de inverno de maior importância, cultivada principalmente na região Sul, Sudeste e Centro-Oeste, no entanto, em razão da alta demanda por este cereal, ainda depende de importações para suprir o mercado interno brasileiro (COSTA e ZUCARELI, 2013). Nota-se uma variação de produtividade entre safras, caracterizada pela instabilidade do rendimento de grãos da cultura durante os anos. Esta instabilidade ocorre em função da ocorrência de estresses bióticos e abióticos relacionados ao ambiente, também pelo manejo incorreto da adubação nitrogenada, bem como a sua subutilização, o que limita a obtenção de elevadas produtividades (BENIN et al., 2012).

### 3.2 AS CULTIVARES

Cultivar é uma designação dada a determinada forma de uma planta cultivada, correspondendo a um determinado genótipo e fenótipo selecionado que recebeu um nome único, onde o mesmo foi devidamente registado com base nas suas características produtivas, decorativas que as tornem interessante para cultivo. Corresponde a um grupo de indivíduos de algum gênero ou espécie vegetal superior, que se diferencia de outra a partir de seus descritores e características agrônômicas, como o seu ciclo, aspectos morfológicos, resistência a doenças, produção de grãos, entre outros (BORÉM e MIRANDA, 2013). As cultivares de trigo criadas pela pesquisa, representam um somatório de tecnologias e esforço institucional, onde seu aproveitamento deve estar maximizando o investimento realizado na sua obtenção (ROSSATO et. al. 2005).

O melhoramento genético de trigo no Brasil é realizado principalmente por empresas públicas e privadas, que incluem suas pesquisas afim de atender todas as regiões produtoras de trigo. Na região sul a criação de cultivares adaptadas começou em 1914 (SCHEEREN e CAIERÃO, 2015). O desenvolvimento de novas cultivares adaptadas, mais produtivas, e tolerantes aos estresses ambientais, foi importante para a evolução na produção da cultura (CONAB, 2017). As cultivares desenvolvidas apresentam características de alto potencial produtivo, alta qualidade tecnológica, resistência a doenças fúngicas (principalmente ao crestamento), ao acamamento, e resistência a germinação na espiga e pré-colheita (SCHEEREN e CAIERÃO, 2015).

As três cultivares utilizadas na região sul do Brasil e objeto deste estudo são: a cultivar TBIO Audaz, que é de ciclo precoce, com altura de planta média/baixa, possui o espigamento e a maturação precoce. Seu comportamento à geada na fase vegetativa é moderadamente suscetível e altamente responsivo ao manejo nitrogenado em cobertura (BIOTRIGO, 2023); a cultivar TBIO Duque ,de ciclo precoce, com a altura de planta média/baixa, espigamento e maturação precoce. Seu comportamento à geada na fase vegetativa é moderadamente suscetível, no entanto entrega altos rendimentos em áreas com maior fertilidade, respondendo bem ao uso de alta tecnologia (BIOTRIGO, 2023); a cultivar TBIO Trunfo também de ciclo precoce, com a altura de planta média/baixa, possui o espigamento e a maturação precoce, o que recomenda-se reforçar a adubação nitrogenada na semeadura. Seu comportamento a geada na fase vegetativa é moderadamente resistente, possui

potencial produtivo semelhante a cultivar TBIO Audaz (BIOTRIGO, 2023).

As cultivares descritas acima são cultivares de ciclo precoce que apresentam uma arquitetura de planta mais baixa. Segundo Scheeren e Caierão (2015), cultivares de porte mais baixo, são conhecidas como “modernas”, apresentam menor índice de acamamento quando cultivadas em solos mais férteis com doses mais elevadas de nitrogênio. Já cultivares conhecidas como “antigas”, apresentavam maior porte de planta, quando cultivadas em solos com acidez corrigida e maior fertilidade, ocorria maior acamamento de plantas, e a produtividade de grãos inferior.

### 3.3 NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO TRIGO E SUA IMPORTÂNCIA

O Nitrogênio (N) é um dos nutrientes extraídos do solo pela planta, absorvido em maior quantidade, relacionado diretamente com os constituintes de proteínas, aminoácidos, enzimas e coenzimas, ácidos nucleicos, hormônios, vitaminas, alcaloides e clorofila, sendo fundamental para os processos bioquímicos da planta. Esse macro nutriente pode ser absorvido pelas plantas, na forma de nitrato ( $\text{NO}^3$ ) ou na forma de amônio ( $\text{NH}^{4+}$ ) (ZANÃO JUNIOR, 2012).

A deficiência de N na planta afeta a produção de biomassa e a eficiência do uso da radiação solar, refletindo-se em baixo potencial produtivo da cultura. Esta limitação na produtividade ocorre pela diminuição do número de afilhos emitidos e do número de afilhos sobreviventes e produtivos (WENDLING et al., 2007; FLOSS, 2008; KUTMAN et al., 2011). Deficiências deste nutriente na planta podem ser percebidas pela ocorrência de cloroses, as quais se iniciam nas folhas mais velhas, podendo se estender para as folhas jovens, dependendo do grau de limitação na disponibilidade de N. Este sintoma está associado à degradação da clorofila e modificações na forma dos cloroplastos (FLOSS, 2008).

O fato do N ser essencial em todas as fases do ciclo da planta de trigo, a sua aplicação tem influência direta na produção, possibilitando o aumento da área foliar, elevando a taxa fotossintética, aumentando o perfilhamento e desta forma, maior número de panículas por planta, número de grãos por panícula e maior peso dos grãos (DARIO e DARIO, 2015).

A quantidade de N fornecidas para a cultura do trigo, depende de fatores como o teor de matéria orgânica do solo, a cultura anterior ao trigo e condições climáticas ao longo do período de cultivo (DE BONA et al., 2016). Segundo Mundstock (2005), o

nitrogênio deve ser fornecido na semeadura, para estimular o perfilhamento da planta e contribuir para o tamanho da espiga e em cobertura, cujo melhor momento é quando a planta apresenta de 5 a 6 folhas, ou com 2 a 3 perfilhos, pois se tem melhor resposta no número de espigas e número de grãos por espiga.

O N é o principal nutriente que influencia o rendimento e a qualidade dos grãos de trigo, sendo o mais absorvido ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas (DARIO e DARIO, 2015). Participa diretamente de parte das biomoléculas importantes das células, como aminoácidos, nucleotídeos, proteínas, sendo presente também em constituintes celulares, como clorofila, hormônios vegetais e membranas (DE SOUZA e FERNANDES, 2018). As necessidades de nitrogênio da cultura do trigo podem ser supridas pela mineralização de restos culturais com baixa relação C/N, pela matéria orgânica do solo, por meio de dejetos de animais e por fontes industrializadas de fertilizante, bem como pela fixação de nitrogênio por bactérias diazotróficas fixadoras de N (WENDLING, 2005).

O período crítico no desenvolvimento da cultura do trigo para suplementação de N em cobertura pode variar de acordo com a fertilidade do solo. Entretanto, estudos realizados por Bredemeier e Mundstock (2001) identificam o estágio de seis folhas completamente expandidas, no colmo principal, como o ponto ideal para aplicação de N em cobertura. Aplicações efetivas nesta fase aumentam a quantidade de afilhos férteis por planta. O manual de adubação e calagem dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (2016), recomenda aplicar para a cultura de trigo de 15 a 20 kg de N/ha na semeadura, o restante deve ser em cobertura no período entre os estádios de afilhamento e alongamento do colmo, em torno de 30 a 45 dias após a emergência. Se a dose a ser aplicada de N for elevada, é recomendado fazer aplicação em cobertura em dois momentos, sendo o primeiro no início do perfilhamento e o segundo no início do alongamento.

A resposta de cultivares de trigo em relação ao fornecimento de nitrogênio é variável, porém, é importante que o nutriente deve ser ofertado principalmente nos estádios de afilhamento, alongamento do colmo, para que ocorra melhor taxa de crescimento, produtividade e qualidade de grãos, contribuindo desta forma, para o aumento na produtividade (BATISTA et al., 2020).

#### 3.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN)

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é uma ferramenta importante na substituição, total ou parcial, do nitrogênio requerido pelas culturas, sem que a produção de grãos seja prejudicada, tornando os cultivos economicamente viáveis (BERGAMASCHI, 2006). Segundo Reis et al. (2018), a fixação biológica de nitrogênio ocorre quando o N é assimilado pelas plantas, através da enzima nitrogenase, que ocorre nas bactérias fixadoras de nitrogênio. Nas espécies não leguminosas, as bactérias que realizam essa atividade são do gênero *Azospirillum*, que são caracterizadas como diazotróficas associativas. A espécie *Azospirillum brasilense* foi a primeira bactéria fixadora de nitrogênio recomendada como promotora de crescimento para poáceas, a qual o trigo pertence.

A FBN é um dos mais importantes processos desenvolvidos por microrganismos, pois se trata da conversão do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) em formas disponíveis para absorção e uso pelas plantas (NUNES et al., 2003). O nitrogênio, em sua forma estável ( $N_2$ ), é o elemento que existe em maior quantidade na atmosfera. Para que este nitrogênio possa ser incorporado em esqueletos de carbono, é necessário que ocorra a quebra da ligação tripla existente no  $N_2$  atmosférico. Na natureza, apenas algumas espécies de bactérias são capazes de fazer essa quebra através do complexo proteico da nitrogenase, que é a enzima que catalisa a reação de redução do  $N_2$  à amônia ( $NH_3$ ), a qual é rapidamente convertida a amônio ( $NH_4^+$ ), que se torna disponível para as plantas. Este processo é conhecido como fixação biológica de nitrogênio (FBN) (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os primeiros estudos envolvendo a fixação biológica de  $N_2$  atmosférico foram desenvolvidos por Hellriegel e Wilfarth (1888). Atualmente, os estudos então voltados para a associação de bactérias de vida livre com espécies de plantas da família *Poaceae* (REIS et al., 2006). As bactérias diazotróficas associam-se às espécies poáceas, colonizando as raízes e outros tecidos internos da planta sem causar sintomas de doenças, disponibilizando nitrogênio e outros compostos considerados promotores de crescimento. Entre as bactérias fixadoras de nitrogênio que não formam nódulos destacam-se as do gênero *Azospirillum*, que são bactérias gram-negativas encontradas associadas a diversas espécies vegetais de regiões tropicais e temperadas (KLOEPPER, 2003; REIS et al., 2006; COHEN et al., 2008).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são encontradas naturalmente na rizosfera de inúmeras espécies poáceas, incluindo espécies de interesse agrícola, como milho, trigo, sorgo e arroz (SILVEIRA, 2012). A maior parte das espécies de

bactéria desse gênero são encontradas colonizando as zonas de alongamento das raízes e os pelos radiculares, além de serem encontradas no interior da planta, o que caracteriza estas bactérias como endofíticas facultativas (CARDOSO, 2008; KIZILKAYA, 2008; HUNGRIA, 2011; NOVAKOWISKI, 2011). Atualmente, trabalha-se com a possibilidade de substituir, mesmo que parcialmente, a adubação nitrogenada em espécies poáceas pela FBN realizada pela associação da planta com bactérias diazotróficas (BASHAN et al., 2004). Estudos realizados com arroz (BALDANI e BALDANI, 2005; GUIMARÃES et al., 2007; RODRIGUES et al., 2008), milho (GARCÍA DE SALAMONE et al. 1996), sorgo (PEREIRA et al., 1988), trigo (KAPULNIK et al., 1987; CABALLERO-MELLADO et al., 1992) e cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2006) têm demonstrado resultados positivos com o uso da associação com bactérias diazotróficas. Na cultura do trigo, Saubidet et al. (2002) concluíram que a inoculação não substitui a adubação nitrogenada. Contudo, promove melhor absorção e utilização do N mineral disponível no solo.

Segundo Mendes et al. (2011), a inoculação com *Azospirillum brasilense* em sementes de trigo tem eficiência agrônômica, pois induz aumento na produtividade de grãos, reduzindo ou não a adubação em cobertura com nitrogênio. Porém, Ferreira Junior et al. (2013), ao avaliarem a eficiência da inoculação com *Azospirillum* na cultura do trigo, não encontraram efeito significativo para a produtividade de grãos e peso hectolitro. Corassa et al. (2013) relataram que a inoculação de sementes de gramíneas com *Azospirillum brasilense* quando não está associada a adubação de nitrogênio, causa a diminuição no rendimento de grãos, por outro lado quando associado a adubação nitrogenada de cobertura promove maior rendimento de grãos.

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais da Universidade Federal de

Santa Maria (UFSM), *Campus* de Frederico Westphalen entre os meses de julho a novembro de 2022, durante 120 dias. O clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média anual próxima de 19°C e precipitação entre 1.800 e 2.000 mm (SILVA et al., 2014).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 3), sendo com e sem inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense*, 3 cultivares de trigo (Audaz, Duque e Trunfo), com 6 repetições, sendo cada vaso considerado uma unidade experimental.

O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm e caracterizado como Latossolo Vermelho (SANTOS, 2018). Após a coleta, o solo e a areia utilizada foram peneirados em malha de 2 mm e esterilizado em autoclave a 121°C, em 3 ciclos de 30 min. Posteriormente, foi realizada mistura do solo original com areia média na proporção de 50% (v/v) para obtenção de textura de 46 %, aproximadamente. Desta mistura, foi coletada uma amostra e encaminhada para análise dos atributos físicos e químicos, os quais estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise física e química da mistura de solo + areia utilizada para cultivo de trigo.

Parâmetros									
Teor de Argila	pH	MO	P	K	Cu	Zn	Mg	Al+H	
%	1:1	%	-----mg/L-----			-----Cmolc/L-----			
46	5,4	1,0	4,6	27,5	4,2	1,3	1,0	4,9	

Fonte: Autora (2023)

Após a interpretação da análise, o solo utilizada no experimento foi corrigido a acidez do solo com o uso de calcário dolomítico, elevando o pH para 6,5. Na sequência foi realizada a adubação com os fertilizantes: sulfato de amônio (0,25 g/vaso), cloreto de potássio (0,51g/vaso) e superfosfato triplo (1,83 g/vaso), baseadas no resultado da análise química do solo e determinados de acordo com Manual de Adubação e Calagem para os estados do RS e SC (CQFRS, 2016). Para o cultivo das plantas, cada unidade experimental foi composta de um vaso com 5 kg de solo, contendo quatro plantas.

As cultivares de trigo utilizadas foram a TBIO Audaz, TBIO Duque e TBIO Trunfo. A semeadura foi realizada na segunda quinzena de junho, sendo que em cada

vaso foram semeadas 10 sementes, realizando-se o desbaste 15 dias após a germinação, deixando apenas quatro plantas por vaso até o final do experimento. A irrigação foi controlada diariamente por sistema manual, de acordo com a necessidade da cultura, mantendo o solo em 80% da capacidade de campo.

As sementes foram inoculadas com a bactéria *Azospirillum brasilense*, imediatamente antes da semeadura. A inoculação da *A. brasilense* foi realizada através do inoculante líquido (Bioma Mais, Bioma, Fazenda Rio Grande, PR) com concentração de  $4,0 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup> da mistura das linhagens Ab-V5 e Ab-V6. A inoculação foi diretamente nas sementes, duas horas antes da semeadura na dose de 100 ml para 150 kg sementes de trigo, resultando na concentração estimada de 88 células por semente.

Ao final do ciclo da cultura foram realizadas avaliações morfológicas das plantas: altura de plantas (AP) em mm, medida do colo até a ponta da folha bandeira; número de perfilhos, através da identificação da planta mãe e contagem dos demais perfilhos.

Após a coleta das plantas, as raízes foram separadas do solo por meio de lavagem com água e com auxílio de peneiras malha 0,5 e 1,0 mm. A separação da parte aérea e radicular foi por meio de corte na região do hipocótilo. Posteriormente, as plantas foram divididas em parte aérea, raiz e grãos, colocadas em sacos de papel, e submetidas a secagem em estufa a 65°C com circulação de ar forçada, até apresentarem massa constante. Na sequência foram pesadas, em balança analítica, para determinação de massa seca de parte aérea (MSA) e massa seca de raiz (MSR). O teor de N existente no grão foi quantificado pelo método Kjeldahl descrito por Galvani e Gaertner (2006).

Para a determinação da produtividade, foi tomado a massa de grãos, aferido a umidade, corrigida à 13% e, por cálculo, extrapolado para Kg/há. Equação 1.

$$\text{Peso corrigido para } \underline{Ud\%} = \text{Peso úmido} \times \left( \frac{100 - \text{Úmidade atual}}{100 - Ud\%} \right) \quad (1)$$

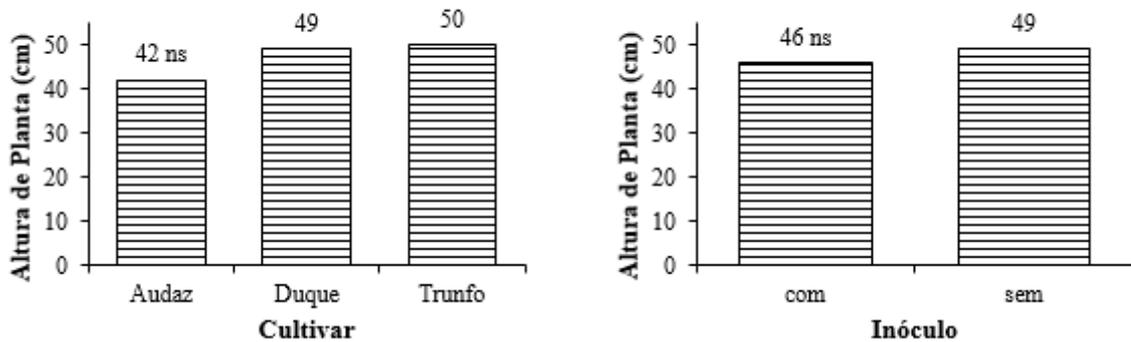
Sendo, Ud = umidade desejada

Os resultados deste experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para avaliar o efeito dos fatores: cultivar, inóculo e interação cultivar/inóculo. Para o desmembramento de efeito simples avaliou-se o efeito da inoculação (com e sem *A. brasilense*) dentro de cada cultivar e comparou-se as médias através do teste T com 5% de probabilidade de erro, comparados entre si pelo teste de Scott knott com 5% de probabilidade de erro. Todas as análises foram realizadas através do software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou que não houve interação significativa entre os fatores cultivar e inóculo (cultivar\*Inóculo), tanto os componentes de avaliação morfológica quanto para a produtividade. Por isso, os resultados foram desmembrados em efeitos simples dentro de cada fator (i.e., cultivar e inóculo). No entanto, mesmo dentro de cada efeito simples não houve diferença entre cultivares e entre inóculo para altura de planta. A altura de planta variou entre 0,40 m a 0,52 m nas diferentes cultivares de trigo, sem evidenciar diferença estatística (Figura 1). A inoculação com *Azospirillum brasilense* não produziu efeito significativo no aumento da altura das plantas de trigo nas cultivares analisadas.

Figura 1 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo na Altura de plantas (cm).



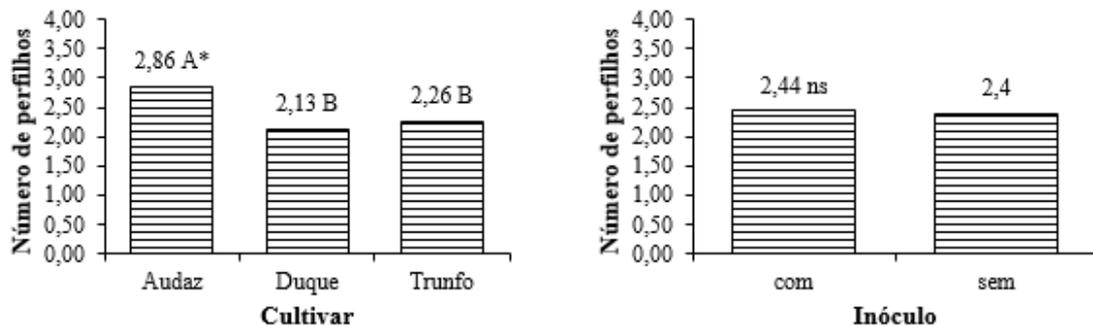
Fonte: Autora (2023).

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro

Os resultados deste experimento diferem dos encontrados por Turcheto (2021) que evidenciou que a bactéria *Azospirillum brasilense* promoveu aumento na altura de plantas de trigo, no número de perfilhos e maior massa seca de parte aérea. Entretanto, em seu trabalho foi utilizada outra cultivar de trigo.

As três cultivares possuem característica de perfilhamento médio BIOTRIGO (2023). No experimento a cultivar Audaz apresentou maior número de perfilhos em relação às demais cultivares analisadas (Figura 2). Entretanto, a inoculação com a bactéria não promoveu efeito significativo neste parâmetro. Assim como resultados encontrados por Mumbach et al. (2013), onde o número de perfilhos não apresentou diferenças significativas em relação ao efeito da inoculação.

Figura 2 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo no número de perfilhos.

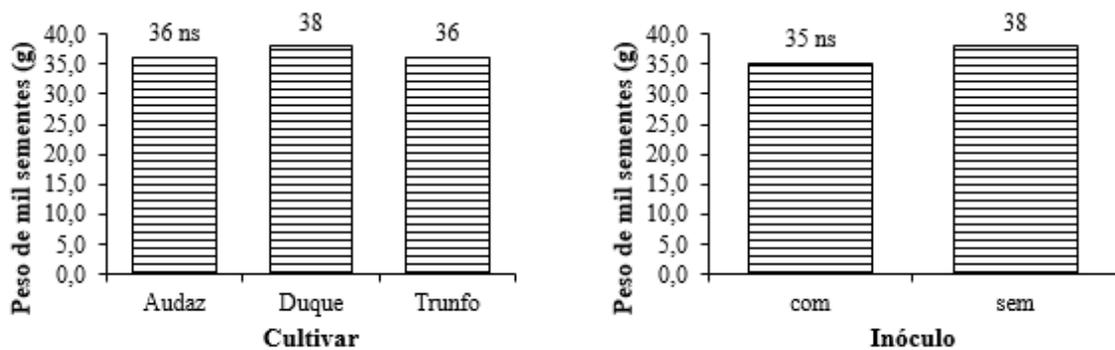


Fonte: Autora (2023).

\* Médias seguidas de mesma letra entre as cultivares de trigo não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo

Os valores médios do peso de mil sementes (kg) nas cultivares não diferiram entre si, porém ficaram superiores aos valores para as cultivares encontrados na literatura que é 33 gramas para cultivares AUDAZ e DUQUE e 34 gramas para cultivar TRUNFO (BIOTRIGO, 2023), para o efeito inoculação os resultados não mostraram diferença significativa quando inoculadas com *Azospirillum brasilense*, (Figura 3). Esta informação vai ao encontro dos resultados encontrados por Corassa et al. (2013), que avaliaram o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* associada a diferentes manejos de nitrogênio realizados na cultura do trigo, nos quais não observaram diferenças significativas em relação ao PMS, ou seja, nos tratamentos ou somente a inoculação. Para Lemos et al. (2013), as diferentes respostas das cultivares para as variáveis avaliadas poderiam ser explicadas apenas pela genética de cada material, sendo que para o peso de mil sementes, além das questões genéticas, as condições edafoclimáticas durante o período de maturação são importantes.

Figura 3 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo Peso de mil sementes (kg).

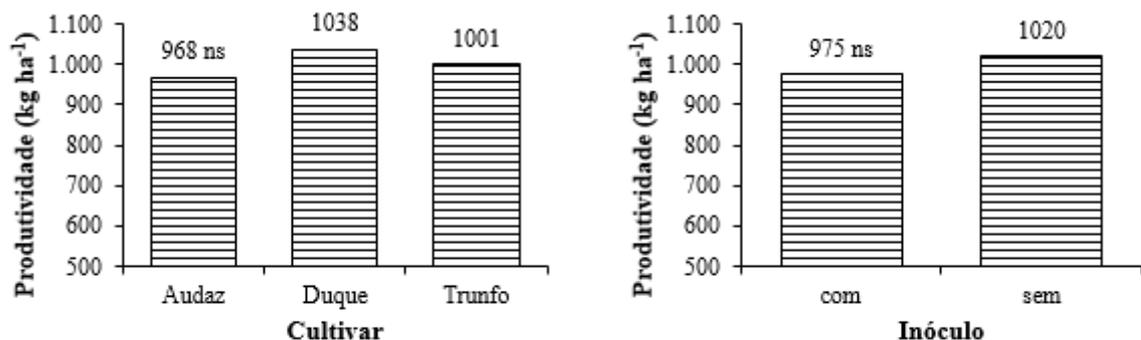


Fonte: Autora (2023).

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Ao avaliar a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), tanto a inoculação, como diferentes cultivares, não resultaram em interação e nem efeito simples significativo (Figura 4). Esse resultado corrobora com os de Ferreira Junior et al. (2013) que ao avaliarem a eficiência da inoculação com *Azospirillum* na cultura do trigo, não encontraram efeito significativo para a produtividade de grãos.

Figura 4 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo na Produtividade de trigo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).



Fonte: Autora (2023).

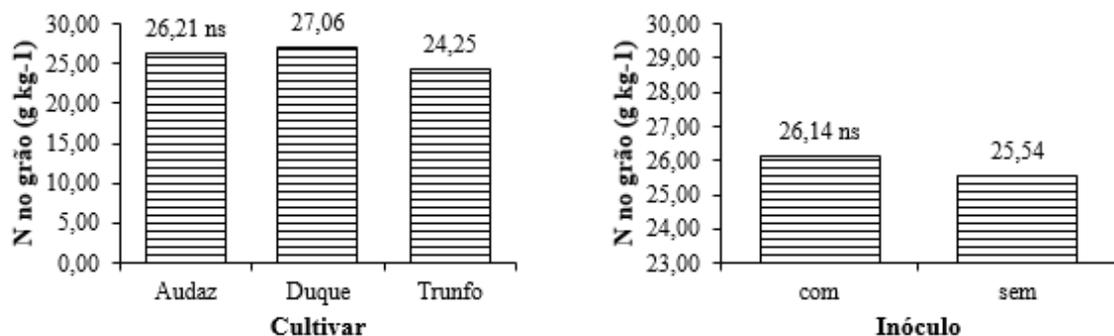
<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Grams (2022) avaliando a inoculação de sementes de diferentes cultivares de trigo com *Azospirillum Brasiliense* associada a adubação nitrogenada, evidenciaram interação significativa para a produtividade dessa cultura. Contudo, Santos et al. (2020) observou que independente do somatório de épocas de aplicação da inoculação de *Azospirillum* não apresentou interferência no desenvolvimento de

plantas e não elevou a produtividade da cultura de trigo. Mesmo resultado encontrado neste experimento, onde a produtividade não foi superior quando houve a inoculação.

Para os resultados de nitrogênio no grão ( $\text{g kg}^{-1}$ ), não há diferença significativa e nem efeito simples. No entanto, ao observar os resultados podemos perceber que a inoculação de *Azospirillum brasilense* tendeu a valor superior a não inoculação (Figura 5). Na literatura Cazetta et al. (2008) observaram que a partir da associação de *Azospirillum brasilense* observa-se um aumento no teor de proteínas, conseqüentemente, elevando a qualidade da farinha de trigo, pois o aumento de N nos grãos é importante para indústria. Rodrigues et al. (2014) também observaram que a inoculação de *A. brasilense* em trigo incrementou o conteúdo de N dos grãos.

Figura 5 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo para Nitrogênio no grão ( $\text{g kg}^{-1}$ ).



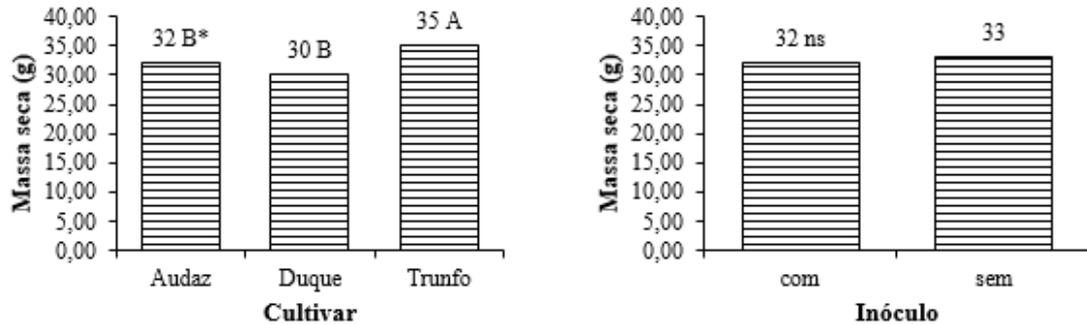
Fonte: Autora (2023).

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A massa seca parte aérea (g) das plantas de trigo, não evidenciou interação, apenas efeito simples significativo para cultivar (Figura 6). No entanto, a cultivar Trunfo mostrou uma tendência de maiores valores médios, com massa seca da parte aérea de 35g, em relação as cultivares Audaz e a Duque, que variaram entre 32 e 30 gramas, respectivamente (Figura 6). Este resultado pode ser esperado quando se considera as características de cada cultivar (BIOTRIGO, 2023). A literatura relata que, dentre diferentes cultivares de trigo, a TBIO Pioneiro apresentou incremento significativo na quantidade de biomassa da parte aérea com a realização da inoculação das sementes, em comparação ao tratamento não inoculado (Feldmann, 2014). Por ser diazotrófico associativo, este microrganismo coloniza a rizosfera tanto intercelular quanto externamente, aumentando a superfície celular e área de contato da raiz com a solução do solo, potencializando a interceptação radicular de nutrientes

(OLIVEIRA et al., 2004). Para o efeito inoculação também não houve diferença significativa.

Figura 6 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo para Massa seca da parte aérea (g).

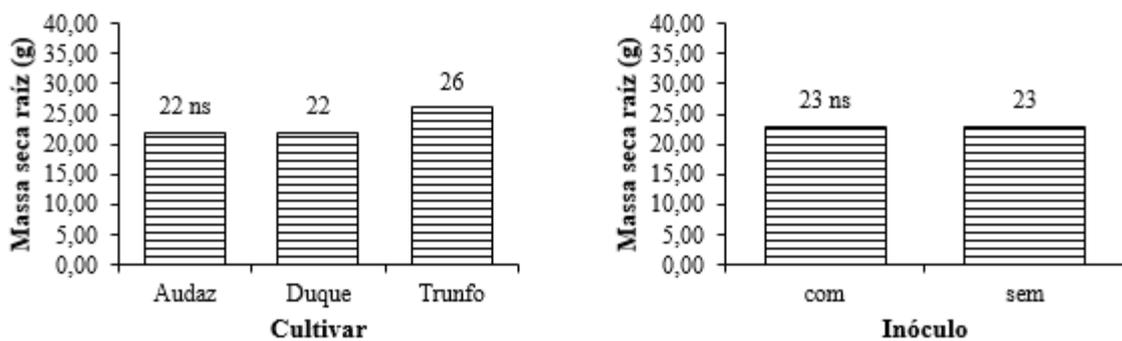


Fonte: Autora (2023).

\* Médias seguidas de mesma letra entre as cultivares de trigo não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ns Não significativo

A massa seca de raiz (g) não evidenciou interação significativa, somente efeito simples para cultivar (Figura 7). A cultivar Trunfo obteve maiores valores médios de massa seca de raiz (g), ficando com média de 26 g, já as cultivares Audaz e a Duque ambas tiveram médias de 22 gramas (Figura 7).

Figura 7 - Efeitos simples dos fatores cultivar e inóculo para Massa seca de raiz (g).



Fonte: Autora (2023).

\* Médias seguidas de mesma letra entre as cultivares de trigo não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ns Não significativo

No entanto, não houve diferença significativa para o efeito inoculação (Figura 7). Esse resultado contrapõem os encontrados por HARTMAN & ZIMMER (1994), que demonstraram que mesmo sendo correlações de média e baixa magnitude, se as

bactérias diazotróficas não puderem oferecer todo o N necessário para a planta, elas auxiliam o desenvolvimento da parte radicular, formação de pelos radiculares, aumento na taxa de aparecimento de raízes secundárias e da superfície radicular, aumentando dessa forma a massa seca de raiz nas plantas inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

## **7 CONCLUSÃO**

A inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* não se mostrou promissora;

Não se observou destaque de nenhuma das cultivares frente ao uso da inoculação;

Outros estudos são necessários para elucidar os efeitos da inoculação sobre o cultivo de trigo.

## REFERÊNCIAS

- ABITRIGO (Associação Brasileira de Indústrias do Trigo). **História do Trigo**. Disponível em: <>. Acesso em: 23 abril. 2023.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005.
- BARBOSA, J. Z. et al. **Fixação Biológica de Nitrogênio em Poaceae**. 2012. Disponível em: < >. Acesso em 18 abril. 2023.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. *Azospirillum*–plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003).
- BATISTA, V. V. et al. **Componentes de rendimento e produtividade de cultivares de trigo submetidas ao parcelamento ou não de nitrogênio**. 2020. Disponível em: < file:///C:/Users/User/Downloads/9024-Texto%20do%20Artigo-43223-1-10-20201219%20(1).pdf >. Acesso em 25 de maio. 2023.
- BENIN, G. et al. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 275-283, 2012.
- BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Microbiologia agrícola e do ambiente, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- BIOTRIGO (Biotrigo Genética). **Guia de Cultivares Tbio**. Disponível em: <[https://biotrigo.com.br/catalogos\\_e\\_tabelas/Guia\\_Cultivares\\_2020\\_RS\\_SC.pdf](https://biotrigo.com.br/catalogos_e_tabelas/Guia_Cultivares_2020_RS_SC.pdf)>. Acesso em: 03 de março. 2023.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa: Ufv, 2013. 523 p.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 317-323, 2001.
- BRUM, A. L.; HECK, C. R. A economia do trigo no Rio Grande do Sul : breve histórico do cereal na economia do estado. p. 29–44, 2005.
- CABALLERO-MELLADO, J. et al. Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. **Symbiosis**, Rehovot, v. 13, p. 243-253, 1992.
- CARDOSO, I. C. M. **Ocorrência e diversidade de bactérias endofíticas do gênero *Azospirillum* na cultura do arroz irrigado em Santa Catarina**. 2008.

74f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2008.

Cazetta, D.A. et al. **Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticale submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto**. *Bragantia*, vol. 67, n. 3, p. 741-750, 2008.

COHEN, A. C.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. N. *Azospirillum brasilense* Sp 245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increases ABA content in arabidopsis plants. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 54, n. 2, p. 97-103, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Brasília, DF., v. 1, n. 4, safra 2022/2023, janeiro/2023. Disponível em: a Acesso em: 15 maio. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal: Trigo**. Brasília, 2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas de área, produção e produtividade de grãos: Safra 2013 de trigo**. Disponível em: <>. Acessado em: 15 abril. 2023.

CONAB (Companhia Nacional De Abastecimento). **A cultura do Trigo**. Disponível em: <[https://a o\\_digital\\_final.pdf](https://a o_digital_final.pdf)>. Acesso: 16 abril. 2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise Mensal Trigo**. Publicações dos relatórios em maio 2021. Disponível em: <<file:///C:/Users/User/Downloads/TrigoZ- ZAnáliseZMensalZ-ZMaioZ2021.pdf>>. Acesso em: 12 março. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal: mercado internacional**. 2023.

CORASSA, G. M. et al. **Inoculação Com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada em trigo na região norte do Rio Grande do Sul**. 2013. Disponível em: <>. Acesso em : 12 de maio. 2023.

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C. R. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 215-224, 2013.

DAORTA, J. et al. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

DARIO, G. J. A.; DARIO, I. S. N. Adubação. In: BORÉM, Aluízo; SCHEREEN, Pedro Luiz (ed). **Trigo do Plantio a Colheita**. Viçosa: UFV, 2015. Cap 6. p. 120-141.

DE BONA, F. D. et al. Calagem, Adubação de Base e Inoculação em Sementes. In: DE MORI, Claudia *et al.* **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2016. Cap. 4. p. 86-104.

DE BONA, F. D. et al. **Manejo Nutricional da Cultura do Trigo**. 2016. Disponível em: <>. Acesso em: 16 abril. 2023.

DE MORI, C. Aspectos Econômicos da Produção e Utilização. In BORÉM, Aluízo; SCHEREEN, Pedro Luiz (ed). **Trigo do Plantio a Colheita**. Viçosa: Ufv, 2015. Cap 1. p. 11- 12.

DE SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In FERNANDES, Manlio Silvestre (ed). **Nutrição de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2018. Cap 9. p. 310- 314. Disponível em: < >. Acesso em: 26 de abril. 2023.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Disponível em: <<https://a.classificacaodosolos2006.pdf>>. Acesso em 2 abril. 2023.

FELDMANN, N. A. **Cultivares de trigo submetidas à inoculação com *Azospirillum brasiliense* e à aplicação de nitrogênio em quatro ambientes**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

FERREIRA JUNIOR, J. P. et al. **Eficiência da inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum (Azospirillum brasiliense)* em associação à adubação nitrogenada sobre o rendimento da cultura**. 2013. Disponível em: <[https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/4618/1/Willian\\_Martire\\_Marcuss\\_o.pdf](https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/4618/1/Willian_Martire_Marcuss_o.pdf)>. Acesso em 10 de abr. 2023.

FERREIRA, D. F. SISVAR - **Sistema de análise de variância. Versão 5.3**. Lavras-MG: UFLA, 2011.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 4. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 733 p.

FREITAS, Isabel Cristina Vinhal; RODRIGUES Mariana Bueno. Fixação biológica na cultura do milho. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 31, n.2, p. 143-154, 2010.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 9p. Disponível em: < >. Acesso em: 14 janeiro. 2023.

GRANS, M. T. K. **Inoculação de sementes de diferentes cultivares de trigo com *AZOSPIRILLUM BRASILIENSE* associada a adubação nitrogenada**. Trabalho de Conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, 2022.

GUIMARÃES, S. L. et al. Adição de molibdênio ao inoculante turfoso com bactérias diazotróficas usado em duas cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 393-398, 2007.

HARTMAN, A.; ZIMMER, W. Physiology of Azospirillum-Plant Associations. Boca Raton: CRC - **Critical Reviews in Plant Science**, 1994. p.15-39.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. et al. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W. (Ed.) **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment**. Dordrecht: Springer, 2005. p.25-42.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Documentos, 325).  
HUNGRIA, Mariangela. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

KIZILKAYA, R. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter Chroococcum* strains. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 33, n. 2, p. 150-156, 2008.

KLOEPPER, J. W. A review of the mechanism for plant growth promotion by PGPR. In: **Proceedings of 6th international PGPR workshop**, Kerala, India, p. 81-92, 2003.

KUTMAN, U. B.; YILDIZ, B.; CAKMAK, I. Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 342, n. 1-2, p. 149-164, 2011.

LEMOS, J.M. et al. Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica, Jaboticabal**, v.41, n.2, p.189–198, 2013. Disponível em: < >. Acesso em: 25 de maio.2023.

MENDES, M. C. et al. **Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade da farinha**. 2011. Disponível em: <>. Acesso em 25 de abril. 2023.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

MUNBACH, G. L. et.al. **Resposta da inoculação de *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha**. Scientia Agraria, v 18 n.2,p.97-103,julho.2017.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e Manejo Integrado da Lavoura de Trigo**. Porto Alegre: Editora Evangraf, 1999. 227 p.

MUNDSTOCK, C. M. **Quando aplicar o nitrogênio em trigo, cevada e aveia**. 2005. Disponível em: <>. Acesso em: 15 de abril. 2023.

NOVAKOWISKI, J. H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1687-1698, 2011.

NUNES, F. S.; RAIMONDI, A. C.; NIEDWIESKI, A. C. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 6, p. 872-879, 2003.

OLIVEIRA, A. A. S. FELIPE, T. A.; BACH, E. E. Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). **ConScientia e Saúde**, n. 3, 2004.

OLIVEIRA, A. L. M. et al. The effect of inoculating endophytic N<sub>2</sub>-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 242, p. 205-215, 2002.

OLIVEIRA, A. L. M. et al. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 284, n. 1-2, p. 23-32, 2006.

REIS, V. M. et al. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, p. 432, 2006.

REIS, V. M. et al. Fixação Biológica de Nitrogênio Simbiótica e Associativa. In: FERNANDES, Manlio Silvestre *et al* (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. Cap. 8. p. 282-293.

RODRIGUES, E. P. et al. *Azospirillum amazonense* inoculation: effects on growth, yield and N<sub>2</sub> fixation of rice (*Oryza sativa* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 302, p. 249-261, 2008.

RODRIGUES, L. F. O. S.; Guimarães, V. F.; Silva, M. B. da; Pinto Junior, A. S.; Klein, J. & Costa, A. C. P. R. da (2014). Características agrônômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 18, n. 1, p. 31-37.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Novas bactérias diazotróficas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada, no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.3, p.1099-1106, 2008.

SALA, V. M. R. et al. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v.29, n.3, p.345-352, 2005.

SANTOS, H. G. dos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed. Brasília: Embrapa, 2018.

- SANTOS, L. D. et al. Development and productivity of wheat submitted to sequential aerial applications of *Azospirillum*. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e6099108680, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8680. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8680>. Acesso em: 5 junho. 2023.
- SAUBIDET, M. I.; FATTA, N.; BARNEIX, A. J. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 245, n. 2, p. 215-222, 2002.
- SCHEEREN, P. L. et al. Botânica, Morfologia e Descrição Fenotípica. In: BORÉM, Aluízo; SCHEREEN, Pedro Luiz (ed). **Trigo do Plantio a Colheita**. Viçosa: Ufv, 2015. Cap. 2. p. 35-48.
- SCHMIDT, D. A. M. et al. Variabilidade genética em trigos brasileiros a partir de caracteres componentes da qualidade industrial e produção de grãos. **Bragantia**, v.68, p.43-52, 2009.
- TURCHETTO, R. **Fungos micorrízicos e *Azospirillum* no desenvolvimento do trigo em solo contaminado com cobre**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, 2021.
- USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos). **Grain and Feed Annual**. Publicação nos relatórios USDA Foreign Agricultural Service, em 01 de abr. 2021. Disponível em: < >. Acesso em: 23 abril. 2023.
- USDA-United States Department of Agriculture. **Oferta e demanda mundial de trigo**. Disponível em: < [www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx](http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx)>. Acesso em: 23 abril. 2023.
- WANG, J. et al. Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau , China. **Field Crops Research**,v. 135, p. 89–96, 2012.
- WENDLING, A. et al. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 985-994, 2007.
- WIETHOLDER, S. Fertilidade do Solo e a Cultura do Trigo no Brasil. In: PIRES, João Leonardo Fernandes *et al* (ed). **Trigo no Brasil: Bases para a produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap 6. p. 135-184.
- ZANÃO JUNIOR, L. A. Importância e Função dos Nutrientes no Crescimento e Desenvolvimento de Plantas. In: ZAMBOLIM, Laércio. **Efeito da Nutrição Mineral no Controle de Doenças de Plantas**. Editora Independente, 2012. Cap 1. p. 4.