

DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO TRIGO (*Triticum spp.*) EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA REGIÃO DA CAMPANHA

BASTOS, João Vitor Barbieri¹
AMBROS, Eduardo Lopes¹
MÜLLER, Leander Mancke^{1*}
LEYES, Michele Fabra¹
SCHUMACHER, Luciane de Paula²
MARTINS, Leonardo Alves²
MENEZES, Fernando Pereira de²
RANGEL, Darlan Mauren²

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo da cultura do trigo, em resposta à inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* em comparação com a adubação nitrogenada em cobertura. Recentemente a aplicação via parte aérea de bactérias, vem sendo alvo de pesquisas, no entanto, são escassos os trabalhos nas culturas de maneira geral. Diante do tema abordado o experimento foi conduzido em área já implantada de trigo com a cultivar LG ORO, no Campus rural da Faculdade Ideau, Bagé-RS. Os tratamentos utilizados foram os seguintes: tratamento um denominado de testemunha foi utilizado 0 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada e 0 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*, no tratamento dois foram utilizadas quatro doses de *Azospirillum brasilense*, no tratamento três foi utilizado 90 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada e no tratamento quatro foram utilizadas quatro doses de *Azospirillum brasilense* e 90 kg ha⁻¹ de N, todos fracionados em duas aplicações. Foram avaliadas as seguintes características: número de perfilhos iniciais, número de espigas por planta, comprimento da folha bandeira, número de perfilhos finais e tamanho médio das espigas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com auxílio do software Sisvar e posteriormente, utilizando o teste de comparação de médias de Tukey. Para o número de perfilhos iniciais, número de perfilhos finais, número de espigas por plantas e comprimento da folha bandeira, não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém constatou-se uma interação no tamanho médio das espigas, onde as espigas do tratamento um (sem a bactéria e sem N), se mostraram menores que as espigas dos tratamentos três (somente N) e quatro (*Azospirillum* + N). Desta forma concluímos que para três, dentre as quatro variáveis analisadas, os tratamentos não apresentaram diferenças significativa em relação a testemunha, porém no tratamento com *Azospirillum*, observou-se uma tendência de aumento no tamanho das espigas em 9,2% em relação a testemunha.

Palavras-chave: trigo, *Azospirillum*, nitrogênio, bactéria e sustentabilidade.

ABSTRACT: The objective of the present work was to evaluate the agronomic performance of the wheat crop in response to inoculation with the bacterium *Azospirillum brasilense* in comparison with nitrogen topdressing. Recently, the aerial application of bacteria has been the subject of research, however, there are few studies on cultures in general. In view of the topic addressed, the experiment was conducted in an area already planted with wheat with the LG ORO cultivar, on the rural campus of Faculdade Ideau, Bagé-RS. The treatments used were as follows: treatment called a control was used 0 kg ha⁻¹ of nitrogen fertilization and 0 mL ha⁻¹ of *Azospirillum brasilense*, in treatment two, four doses of *Azospirillum brasilense* were used, in treatment three, 90 kg were used ha⁻¹ of nitrogen fertilization and in treatment four, four doses of *Azospirillum brasilense* and 90 kg ha⁻¹ of N were used, all fractioned in two applications. The following characteristics were evaluated: number of initial tillers, number of spikes per plant, length of the flag leaf, number of final tillers and average size of spikes. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), with the aid of the Sisvar software and later, using Tukey's mean comparison test. For the number of initial tillers, number of final tillers, number of ears per plant and length of the flag leaf, there was no significant difference between treatments, but there was an interaction in the average size of ears, where the ears of treatment one (without the bacteria and without N), were smaller than the ears of treatments three (only N) and four (*Azospirillum* + N). Thus, we concluded that for three, among the four variables analyzed, the treatments did not show significant differences in relation to the control, but in the treatment with *Azospirillum*, there was a tendency to increase the size of the ears by 9.2% in relation to the control.

Keywords: wheat, *Azospirillum*, nitrogen, bacterium e sustainability.

Discentes do Curso de Agronomia, Nível 2 2021/2- Faculdade IDEAU – Bagé/RS.

² Docentes do Curso de Agronomia, Nível 2 2021/2 - Faculdade IDEAU – Bagé/RS.

*E-mail para contato: leandermuller@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum spp.*) é uma gramínea de ciclo cultivar médio de 100 a 160 dias entre a semeadura e maturação, o mesmo é considerado uma planta de primavera/inverno por ter sua semeadura entre os meses de maio e julho e sua colheita sendo realizada entre os meses de setembro e novembro no estado do Rio Grande do Sul.

Conforme informações divulgadas pela CONAB (2021) o trigo é o terceiro cereal mais produzido no mundo, o Brasil fica entre a 15ª posição dos maiores produtores do cereal no mundo, no mercado interno o Rio Grande do Sul é responsável por gerar em média cerca de 2 milhões de toneladas do cereal.

Recentemente a inoculação via aérea de microrganismo (aplicação de biológicos), vem sendo alvo de pesquisas, no entanto, são escassos os trabalhos nas culturas de maneira geral, principalmente em relação ao momento de aplicação para obtenção de ótimos resultados desta inoculação e conseqüentemente um adequado desempenho agrônômico de todas as culturas em que for utilizado. Nas gramíneas, como é o caso do Trigo, já se tem uma boa quantidade de espécies e estirpes selecionadas, que auxiliam na Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), dentre as mais utilizadas está o *Azospirillum*.

Dentre as bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum*, a de maior potencial é a *Azospirillum brasilense*, havendo diversos tipos de marcas de inoculantes comercializados no Brasil contendo essa bactéria. A bactéria pode gerar diversos estímulos para o crescimento das plantas, destacando-se a fixação biológica de N e pela criação do hormônio estimulante (auxina) que desenvolve o papel fundamental para o desenvolvimento e alongamento celular.

Pelo motivo de não haver um amplo leque de artigos e ser uma bactéria com um ótimo propósito agrônômico, o objetivo do trabalho foi investigar a viabilidade agrônômica da utilização do *Azospirillum brasilense* aplicada via aérea, em comparação com a adubação nitrogenada convencional aplicada em cobertura na cultura do trigo.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho se deu com base na leitura dos livros e artigos citados e debatidos no decorrer deste referencial teórico e na aplicação a campo dos ensaios experimentais, visando sanar a dúvida levantada no objetivo proposto.

2.1 Características botânicas

O trigo apresenta características morfológicas muito semelhantes às dos demais cereais de inverno que têm a mesma finalidade de produção de grãos (cevada, aveia, centeio e triticale), possui de seis a nove folhas e sua inflorescência é denominada espiga, possui seu sistema radicular fasciculado, fazendo com que a planta perfilhe e crie seus próprios sistemas radicular, nós, entrenós, folhas, espigas e pendão, conforme as condições de clima e solo (MORI, 2016).

2.1.1 Origem e cultivo

Conforme Mori (2016), o trigo é uma gramínea que teve sua origem no sudoeste da Ásia, chegando ao Brasil no século 16. Segundo Piana e Carvalho (2008), o trigo junto com outras gramíneas importantes constitui a tribo *Triticieae* da família das *Poaceae* (*Gramineae*), fazendo parte do gênero *Triticum*, sendo esse seu nome científico inclusive.

A espécie *Triticum aestivum* L. é um dos cereais mais produzidos no mundo e devido ao seu amplo melhoramento genético possui ampla adaptação ao clima, sendo cultivado no Oriente Médio, China e Índia. No Brasil é cultivado desde a região sul até a região dos Cerrados (NETO e SANTOS, 2017).

Segundo a CONAB (2019), no Rio Grande do Sul o plantio ocorre entre os meses de maio e julho, sua colheita é realizada nos meses de setembro e novembro. A densidade de semeadura indicada é entre 250 a 400 sementes viáveis/m² a depender de sua utilização, é utilizado o espalhamento de 17 cm e profundidade entre 2 cm a 5 cm. Na figura 1, podemos ver a morfologia de uma planta de trigo, e na figura 3 pode ser visualizado as características e a composição da semente de trigo.

2.1.2 Produção de trigo no mundo e no Brasil

O Brasil ocupa a 15ª posição no ranking dos maiores produtores de trigo no mundo, com estimativa de produção da Safra 20/21 é de mais de seis milhões de toneladas de trigo no Brasil, no ano de 2020 o Rio Grande do Sul produziu sozinho mais 2 milhões de toneladas de trigo com uma produtividade média de 2.400 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021).

O trigo está entre as espécies mais cultivadas e importantes no mundo, sendo o terceiro cereal mais produzido no mundo, no Brasil mais da metade do trigo consumido é importado. Uma das principais espécies cultivadas é o *Triticum aestivum* L. (OLIVO, 2013).

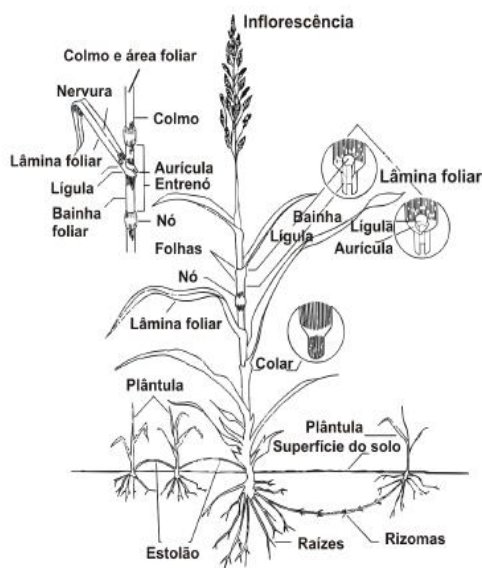
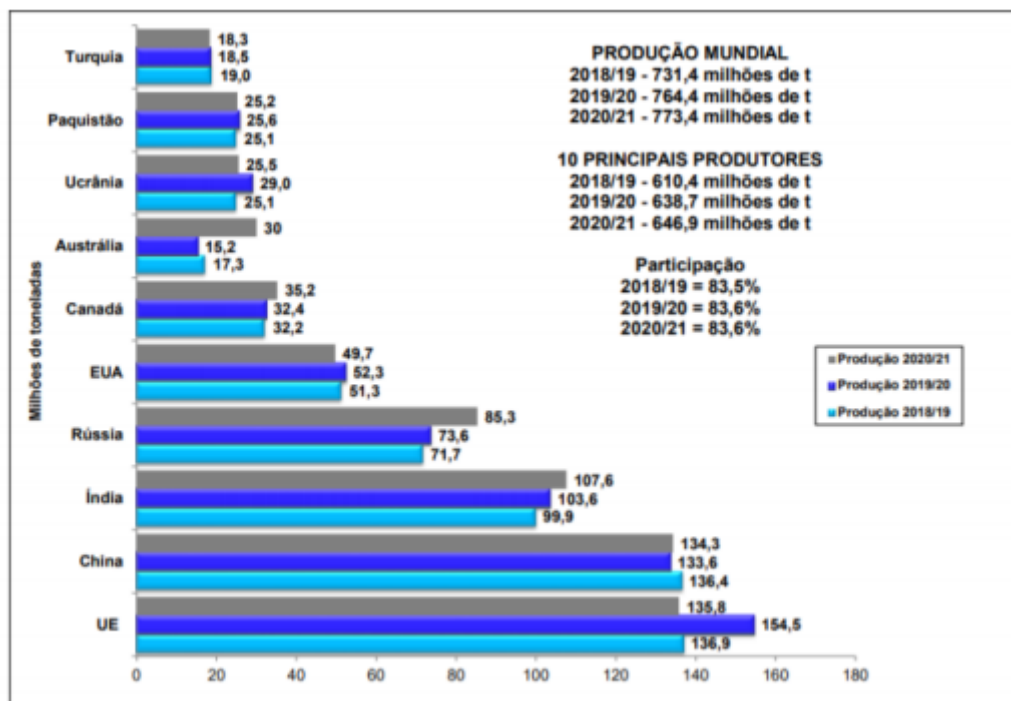


Figura 1: Morfologia do trigo

Fonte: Mais Soja - Trigo X aveia como diferenciar no estágio vegetativo? (2020)

Na figura 2 visualizamos os dez maiores produtores mundiais de trigo e suas respectivas produções.



Fonte: USDA – Fevereiro/2021

Figura 2: Maiores Produtores de Trigo no Mundo

Fonte: Conab - Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil, (2019).

Devido a nossa baixa produção do produto e a alta demanda e consumo o Brasil necessita aumentar sua produção de trigo para conseguir suprir o mercado interno. Além de fornecer uma boa palhada para as culturas que viram a seguir (culturas de verão), porém com tantos esforços no melhoramento genético para elevação da produtividade, ainda há diversas sementes de baixa qualidades no mercado fazendo com que haja grande perda de produtividade na maioria dos casos (NETO e SANTOS, 2017).

De acordo com a Abrasem (2015), citado por Neto e Santos (2017), a região Sul é a maior produtora de sementes de Trigo do Brasil, sendo o Paraná responsável por 55% da produção total, seguido pelo Rio Grande do Sul com 38% da produção total e Santa Catarina ficando com apenas 5% de produção total.

2.1.3 Utilidades do trigo

Conforme Scheuer (2011), o trigo é o terceiro cereal mais produzido no mundo, tem cor e tamanho variáveis, apresenta formato ovalado com extremidades arredondadas, sendo composto basicamente por três partes: o gérmen (onde está localizado o embrião e nutrientes), a casca (serve de proteção para o grão) e o endosperma (estoque de alimentos para o embrião). O trigo é utilizado principalmente para obtenção de farinha, mas também pode ser utilizado para o fornecimento de palhada para o cultivo de culturas de verão como a soja. É o único cereal que contém glúten em abundância necessária para se obter o pão. Utilizado também na elaboração de bolos, massas e biscoitos, sendo fonte de proteína, fibra, gordura, ferro, ácido fólico e cálcio.

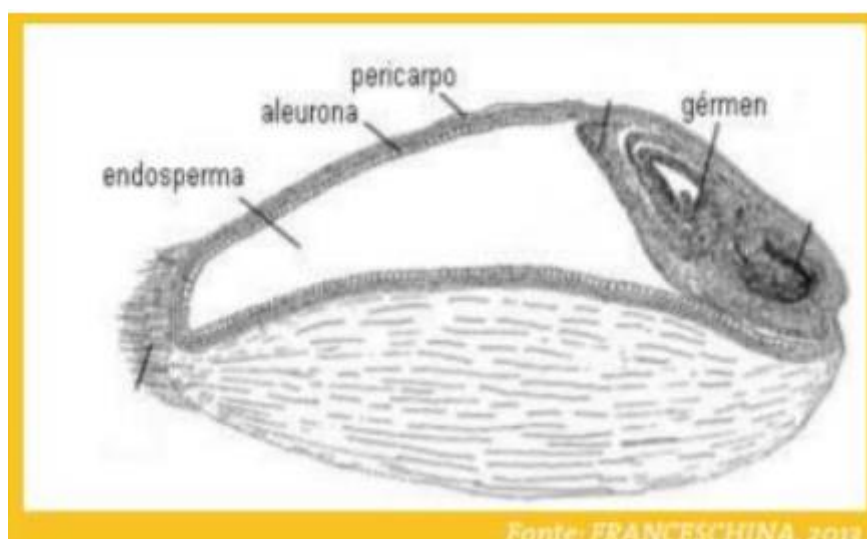


Figura 3: Composição do Grão de Trigo
Fonte: A cultura do trigo, (2017).

2.1.4 Bactérias promotoras do crescimento de plantas

Conforme Huergo et al. (2008), as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) podem estimular o crescimento das plantas de diversas maneiras, sendo as mais relevantes através da capacidade de fixação biológica de nitrogênio. Atuam também no aumento da produção de hormônios como as auxinas, citocininas (TIEN et al., 1979), giberelinas (BOTTINI et al., 1989), etileno (STRZELCZYK et al., 1994) e uma variedade de outras moléculas (PERRIG et al., 2007); solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004); e por atuarem como agente de controle biológico de patógenos (CORRÊA et al., 2008). Em geral, acredita-se que as BPCP beneficiam o crescimento das plantas por uma combinação de todos esses mecanismos.

De acordo com Davison (1988); Kloepper et al. (1989).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) correspondem a um grupo de microrganismos benéficos às plantas devido à capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas.

Para Döbereiner e Pedrosa, (1987); Huergo et al. (2008), o gênero *Azospirillum* abrange um grupo de BPCP de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da terra; há relatos, também, de que as bactérias desse gênero podem ser endofíticas facultativas.

A espécie *Spirillum lipoferum* foi inicialmente descrita por Beijerinck e, em 1978, foi proposta a sua reclassificação como *Azospirillum*, juntamente com a descrição de duas espécies, *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* e hoje estão descritas 14 espécies no gênero (TARRAND et al., 1978).

A este respeito, Döbereiner (1996) concluíram que, por não realizarem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) com alta eficiência, a exemplo das leguminosas, as gramíneas precisam de obter boa parte do N via fertilizantes. Posto isto, os autores sugerem que, devido ao seu sistema radicular fasciculado que possibilita a exploração de um maior volume do solo, mesmo que apenas uma parte do N seja fornecida pelas bactérias fixadoras de nitrogênio, a economia das gramíneas em adubos nitrogenados tem potencial para ser igual ou superior àquela verificada nas leguminosas.

Para a cultura do trigo, Saubidet et al. (2002) concluíram que a inoculação não substituiu a adubação nitrogenada. Dobbelaere et al. (1999) e Bashan et al. (2006), no entanto, apontaram

uma melhor absorção de N em plântulas inoculadas, uma vez que as auxinas excretadas pela bactéria na associação simbiótica com a planta, resulta em aumento dos pelos radiculares.

Neste contexto, trabalhos como os de Cavalett et al. (2000), Reis (2007), Reis Júnior et al. (2008) e Braccini et al. (2012) permitem afirmar que a aplicação de N associada à inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. já é prática consolidada e consagrada na gestão da cultura do milho. Para o trigo, importantes contribuições sobre a resposta da cultura a inoculação via sementes são apontadas em Caballero-Mellado et al. (1992), Didonet et al. (1996), Hungria et al. (2010), Piccinin et al. (2011) e Piccinin et al. (2013). Todavia, as respostas relativas a outros modos de aplicação, que não via sementes, são ainda pouco conhecidas.

2.1.5 Efeito do nitrogênio em gramíneas

Nas culturas do milho, trigo e outras gramíneas um dos nutrientes que mais ajuda a aumentar a produtividade é o nitrogênio, quando testado diferentes níveis de adubação em diferentes cultivares de milho. A conclusão que Fernandes (2005) teve foi que os teores de nitrogênio influenciaram no aumento de massa, teor de N foliar e produtividade de grãos em todas as cultivares de milho testadas.

Conforme o aumento no interesse agrônomo em fixação biológica de nitrogênio (N) em gramíneas através da bactéria *Azospirillum brasilense* os meios de estudo como Embrapa soja juntamente a UFPR realizaram ensaios conforme os protocolos da legislação brasileira, sobre a inoculação da bactéria nas culturas de milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.), de acordo com o resultado expressado nas inoculações em relação às testemunhas (sem nenhum tratamento) foi expressado que houve um aumento de 24% na cultura do milho e 30% na cultura do trigo em relação ao aumento de produção de grãos (HUNGRIA, 2011).

Mumbach et al. (2017), destaca que a aplicação de *Azospirillum* mais ureia obtiveram maiores médias de grão por espiga junto com a aplicação de N ou *Azospirillum* + ureia quando comparadas a testemunha (sem tratamentos), mesmo assim os maiores valores foram contabilizados em tratamento onde houve a associação dos dois produtos *Azospirillum* + ureia sendo tanto na inoculação via tratamento de semente, como na aplicação em parte aérea.

Rosário et al. (2013),

“observaram que a redução da dose de N aplicada em cobertura, quando associada à inoculação, não resultou em redução do número de espigas de trigo por planta. ”

De Acordo com Teixeira Filho (2008)

“O nitrogênio (N), um dos nutrientes mais exigidos pelo trigo, é um dos elementos mais abundantes na natureza, porém, na forma de N_2 , encontrado na atmosfera, não prontamente disponíveis às plantas. O maior reservatório de N nos solos está ligado à cadeia carbônica da matéria orgânica, também em formas não diretamente disponíveis para as plantas. ”

Conforme Bull (1993), o nitrogênio é essencial para o desenvolvimento das plantas, pois cada célula viva é constituída de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além da importante tarefa de integrar a molécula de clorofila. Segundo Harper (1994), o N é um elemento essencial para uma série de eventos na planta como participar das rotas metabólicas na bioquímica, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, entre outros. Além da importante função biológica, o nitrogênio é o nutriente mais difícil de ser manejado em regiões onde o clima predomina tropical ou subtropical, em virtude do grande número de reações que está sujeito a sofrer pela sua alta instabilidade no solo (ERNANI, 2003).

Segundo Fageria (1995).

“A deficiência de nitrogênio no solo é causada por baixo teor de matéria orgânica e perdas por lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão. O sintoma de deficiência de nitrogênio é caracterizado por amarelecimento das folhas mais velhas e, dependendo da intensidade e da evolução da deficiência, pode atingir toda a planta”.

Para Lamothe (1998), o nitrogênio pode incrementar o número de espiguetas por espiga, grãos por espiguetas e tamanho do grão, ainda que o efeito sobre o tamanho de grão seja parte do meio relativo do ambiente para sua formação. De acordo com Teixeira Filho (2008), as cultivares de trigo diferenciam-se pela sua capacidade de emissão de perfilhos durante seu ciclo, na arquitetura e potencial produtivo, porém essas diferenças podem interferir na absorção, assimilação e conversão do N na produção de grãos. Porém a dinâmica do Nitrogênio no sistema solo-planta com a eficiência da utilização de N pela planta é influenciada pelo tipo de sistema de cultivo, tipo de fertilizante, formas de manejo e condições edafoclimáticas (FIGUEIREDO et al., 2005).

2.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de julho a novembro de 2021, no Campus da Faculdade IDEAU, na cidade de Bagé (31° 22' 36" S / 54° 06' 23" O, elevação de 194 m), região da Campanha do estado do Rio Grande do Sul, onde ocorre uma precipitação pluvial média de 656 mm e temperatura média de 16,3°C registradas para o referido período segundo Cordeiro (2019), média dos últimos 60 anos. O solo da área experimental é classificado como Argissolo, e possui as seguintes características conforme o laudo da análise química: argila = 16%; pH = 5 (H₂O); matéria orgânica (M.O.) = 2%; fósforo (P) = 1,5 mg dm⁻³ e potássio (K) = 49 mg dm⁻³.

2.2.1 Delineamento e Tratamentos

O experimento foi conduzido em área já implementada de trigo, a cultivar utilizada foi a LG ORO, cultivar de ciclo médio/tardio (142 dias) e que possui entre outras características agrônomicas, altura de planta média, em torno de 80 cm, resistência moderada ao acamamento e exigência média em fertilidade, semeada no dia 08 de julho de 2021 e com adubação de base realizada a lanço, no dia 15 de julho de 2021, com 150 kg ha⁻¹ da fórmula 02-20-30 (N-P-K).

Os tratamentos utilizados foram os seguintes, o tratamento 1 denominado de testemunha foi utilizado 0 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada e 0 l ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*, no tratamento 2 foram utilizadas quatro doses (400 mL ha⁻¹) de *Azospirillum brasilense*, fracionado em duas aplicações, no tratamento 3 foi utilizado 90 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada, fracionados em duas aplicações e no tratamento 4 foram utilizadas quatro doses (400 mL ha⁻¹) de *Azospirillum brasilense* e 90 kg ha⁻¹ de N como pode ser visto na tabela 1, também fracionados em duas aplicações. Nos tratamentos 2, 3 e 4 a primeira aplicação foi realizada no estágio de afilhamento – V₅, no dia 03 de setembro de 2021 e a segunda aplicação no início do emborrachamento – V₁₀, no dia 23 de setembro de 2021.

O inoculante utilizado na forma líquida foi o AzoTotal® da Total Bio® com concentração de 2x10¹¹ UFC por mililitro das estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum brasilense* (Figura 4).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	Dose <i>A. brasilense</i> *(mL)	N cobertura (kg ha ⁻¹)**
1 - Testemunha	0	0
2 - <i>A. brasilense</i>	400	0
3 – Fertilizante N	0	90
4 - <i>A. brasilense</i> + Fertilizante N	400	90

*mL inoculante fracionado em duas aplicações.

**fonte de N - ureia (45%) fracionada em duas aplicações.



Figura 4 - Embalagem do inoculante AzoTotal®

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições no esquema fatorial 4x4, resultando no total de 16 parcelas, como podemos ver no esquema detalhado abaixo (Figura 5) e foto área das parcelas já implementadas (Figura 6). As parcelas a campo têm a medida de 2 x 3,5 m, totalizando 7 m².



Figura 5: Croqui experimento a campo.



Figura 6 – Foto aérea das parcelas (16/10/2021).

Fonte: Autores.

2.2.2 Avaliações e análise estatística

Foram avaliadas as seguintes características: número de perfilhos iniciais (NPI), no estágio de inicial de perfilhamento, antes da aplicação dos tratamentos - contagem do número de perfilhos em amostragem de 1 m linear das parcelas, no dia 03 de setembro de 2021; número de espigas por planta (NEP) – contagem do número de espigas em uma amostra de dez plantas coletadas na área útil da parcela; comprimento da folha bandeira (CFB) – medição do comprimento da folha bandeira expandida em uma amostra de dez plantas avaliadas na área útil da parcela; número de perfilhos finais (NPF), no estágio reprodutivo (antese) - contagem do número de perfilhos em amostragem de 1 m linear das parcelas; e tamanho médio das espigas (TME), medição do comprimento das espigas coletadas em uma amostragem de dez espigas coletadas na área útil da parcela. Desconsiderando a primeira avaliação (número de perfilhos iniciais), as demais foram realizadas no dia 16 de outubro de 2021.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com auxílio do software Sisvar e posteriormente, utilizando o teste de comparação de médias de Tukey para descobrir o dms e o erro padrão para cada um dos tratamentos, levando em consideração os 5% de significância.

2.3 Resultados e Discussão

Para o número de perfilhos por metros linear, evidenciou-se que não houve significância dos fatores para avaliação do número de perfilhos iniciais (NPI) em comparação entre os tratamentos e comparando com número de perfilhos finais (NPF), ressalvo para o tratamento 1 (testemunha), comparando com os demais tratamentos, na avaliação de NPF, que apresentou um pequeno decréscimo, comparado com a avaliação de NPI, porém a diferença não é estatística, conforme demonstrado na Tabela 2, abaixo.

Tabela 2. Número de perfilhos por metro linear.

Tratamento	NPI	NPF
1	125	101
2	132	118
3	126	114
4	128	115

Também não foi encontrada diferença estatística, comparando os tratamentos, nas avaliações de número de espigas por plantas (NEP) e comprimento da folha bandeira (CFB), conforme podemos observar na próxima tabela (Tabela 3).

Tabela 3. Número de espigas por planta (NEP) e Comprimento da folha bandeira (CFB).

Tratamento	NEP	CFB (cm)
1	5,2	19,5
2	6,3	21,2
3	6,9	22,1
4	6,7	21,9

Conforme os dados demonstrados acima, nas variáveis analisadas, não foram observados interações significativas entre os fatores, o que indica, de forma geral, que a aplicação ou não de adubação nitrogenada (N) e/ou *Azospirillum brasilense*, nas doses e condições aplicadas, afetaram de forma semelhante o comportamento da referida cultivar de trigo.

Tabela 4. Tamanho médio das espigas (TME).

Tratamento	TME (cm)
1	7,68 b
2	8,39 ab
3	8,89 a
4	8,77 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Porém constatou-se uma interação no tamanho médio das espigas (TME), onde as espigas do tratamento 1, se mostraram menores que as espigas dos tratamentos 3 e 4. A tabela 4 com a análise estatística demonstra claramente acima.

Uma questão que vale ressaltar neste estudo é que, desde a “Revolução Verde”, todas as cultivares destinadas principalmente para alimentação humana, como é o caso da cultivar utilizada neste trabalho, foram desenvolvidas/selecionadas principalmente em função da utilização e resposta a fertilizantes nitrogenados e não necessariamente em relação a sua capacidade de resposta à FBN (DÖBEREINER, 1992).

Para a variável tamanho de espigas, constatou-se diferenças significativas nos tratamentos onde foi aplicado nitrogênio em cobertura, comparando com os tratamentos onde não foi. Para o tratamento 2, referente a mesma variável (tamanho de espigas), mesmo não apresentando uma diferença significativa, observou-se uma tendência de aumento no tamanho das espigas em 9,2% em relação a testemunha.

Apesar de não haver diferenças estatísticas em três, dentre as quatro variáveis analisadas, notou-se uma tendência do tratamento 2 (*Azospirillum*), ser melhor do que o tratamento 1 (testemunha) em todas elas, como notoriamente visualizamos na figura 7.

Uma das variáveis que contribui para a complexidade das respostas à inoculação é a interação do genótipo da planta e a estirpe inoculada, como constatada pelos resultados. Tal conclusão também foi encontrada nos trabalhos realizados por vários autores (SALA et al., 2007). Mesmo na agricultura menos intensiva, onde são feitos baixos e médios investimentos em adubação nitrogenada, a inoculação não apresenta bons resultados em termos de possibilitar a eliminação do aporte de N (SANGOI et al., 2015).

Por outro lado, a inoculação permite a redução da quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura. Outros estudos já apresentaram resultados similares (HUNGRIA et al., 2010), o que pode representar uma importante economia na agricultura.

Baldani e Baldani (2005), através de aprofundada revisão bibliográfica sobre a inoculação biológica de N em espécies não-leguminosas, destacam que bactérias, especialmente do gênero *Azospirillum*, podem contribuir em até 40% das necessidades de N pelas culturas. A quantidade de N fixado varia de 30 a 50 kg por hectare ano⁻¹ (HUNGRIA, 2011).



T1 – Testemunha.



T2 – *Azospirillum*.



T3 – Ureia.



T4 – *Azospirillum* + Ureia.

Figura 7. Tratamentos dos ensaios de trigo, campus rural da Ideau Bagé-RS (26/10/2021).

Fonte: Autores.

Os estudos até hoje desenvolvidos, como já destacado durante o presente trabalho, ainda divergem quanto ao real benefício de bactérias diazotróficas na fixação de N. De acordo com Baldani e Baldani (2005), diversos avanços em aspectos relacionados à interação entre gramíneas e as bactérias diazotróficas foram obtidos, porém dificilmente a eficiência dessa associação atingirá resultados similares ao que ocorre entre as leguminosas e os rizóbios.

3 CONCLUSÃO

De acordo com as condições que o experimento foi realizado, concluímos que a utilização do *Azospirillum brasilense* aplicado via aérea na cultura do trigo, é agronomicamente viável, tendo em vista que ele demonstrou performance igual aos tratamentos onde foi utilizado adubação nitrogenada em cobertura.

E apesar de não termos realizado a análise econômica do experimento, é notória a diferença no custo de produção, já que o tratamento com *Azospirillum brasilense* custou 90% a menos do que o tratamento onde foi utilizado ureia em cobertura, tornando-se assim, também, economicamente viável.

Visando sanar os esclarecimentos das dúvidas ainda remanescentes sobre o tema, recomendamos a repetição do referido experimento, avaliando diferentes variáveis das analisadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS (Abrasem). **Anuário 2015**. 2015.

BALDANI, J.; BALDANI, V. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* v. 77, p. 549-579, 2005.

BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J.J.; LEYVA, L.A.; HERNANDEZ, J.-P.; BACILIO, M. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, v.42, p.279-285, 2006.

BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, v.90, p.45-47, 1989.

BRACCINI, A.L.; DAN, L.G.M.; PICCININ, G.G.; ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, M.C. & ORTIZ, A.H.T. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, vol. 25, n. 2, p. 58-64. 2012.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T., CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.

CABALLERO-MELLADO, J.; CARCACO-MONTIEL, M. & MASCARUA-ESPARZA, M.A. Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. **Symbiosis**, vol. 13, p. 243-253. 1992.

CAVALETT, L.E.; PESSOA, A.C.S.; HELMICH, J.J.; HELMICH, P.R. & OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 4, n. 1, p. 129-132. 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000100024> Acesso em: 27 ago. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise Mensal, Trigo Janeiro de 2021**. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/> Acesso em: 27 ago. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/> Acesso em: 27 ago. 2021.

CORDEIRO, A. P. A.; ALVES, R. C. M.; ROCHA, M. B. Caracterização agroclimática de Bagé, RS. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.293-309, dez 2019.

CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.**: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.

DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Bio/Technology**, v.6, p.282-286, 1988. DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; TRY, A.; VANDE BROEK, A. & VANDERLEYDEN, J. Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat. **Plant and Soil**, vol. 212, n. 2, p. 155-164. 1999. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004658000815> Acesso em: 27 ago. 2021

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O & KENNER, M.H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 16, n. 9, p. 645-651. 1996.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; TRY, A.; VANDE BROEK, A. & VANDERLEYDEN, J. Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat. **Plant and Soil**, vol. 212, n. 2, 1999. p. 155-164 <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004658000815> Acesso em: 27 ago. 2021.

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F.O. **Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants**. Science Tech, Springer Verlag, Madison, USA, 1987. p. 1-155. (Brock/Springer series in contemporary bioscience)

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D. & BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília, Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia, 1996, 60 p.

DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In.: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. 173-180.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para macieira**. Lages: Graphel, 2003. 76p.

FAGERIA, N. K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C.; Seja o doutor do seu arroz. Potafo, **arquivo do agrônomo nº 9**. Sete Lagoas/MG, 1995, 22 p. Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3145/\\$File/Seja%20o%20Arroz.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3145/$File/Seja%20o%20Arroz.pdf) Acesso em: 09 nov. 2021.

FERNANDES FCS, BUZETTI S. Efeito de níveis de nitrogênio na produtividade de seis cultivares de milho (*Zea mays* L.). **R Ci Eletr Agron.** 2005. p.6. Disponível em: <http://www.faeF.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/QXzkqLiJ55MAXwK_2013-4-29-14-49-42.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2021.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.279-287, 2005.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. (ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madson: American Society of Agronomy. 1994. cap.11, p.285-302.

HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil** v. 331. 2010, p. 413-425.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja, Documento 325**. Londrina-PR. 2011.

LAMOTHE, A. G. Fertilización con N y potencial de rendimiento en trigo. In: KOHLI, M. M.; MARTINO, D. L. (Ed.). **Explorando altos rendimientos de trigo**. Montevideo: CIMMYT/INIA, 1998. p.207-246

KLOEPPER, J.W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R.M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**. v.7, 1989, p.39-43.

MORI, C. de et. al. **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF. 2016. 309 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144769/1/ID43609-2016LVTrigo.pdf> Acesso em: 27 ago. 2021.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, E. B.; KAISER, D. R.; Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**. SA vol. 18 n°. 2 Curitiba Abr/Jun. 2017 p. 97-103.

NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. 2017. CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/> Acesso em: 27 ago. 2021.

OLIVO, M. **Germinação e vigor em genótipos de trigo sob estresse salino e déficit hídrico**. 2013. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de sementes), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/123456789/1407> Acesso em: 27 ago. 2021.

PICCININ, G.G.; DAN, L.G.M.; BRACCINI, A.L.; MARIANO, D.C.; OKUMURA, R.S.; BAZO, G.L. & RICCI, T.T. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. **Journal of Agronomy**, vol. 10, n. 4, 2011. p. 132-135. <http://dx.doi.org/10.3923/ja.2011.132.135> Acesso em: 27 ago. 2021.

PICCININ, G.G.; BRACCINI, A.L.; DAN, L.G.M.; SCAPIM, C.A.; RICCI, T.T. & BAZO, G.L. Efficiency of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* on agronomic characteristics and yield of wheat. **Industrial Crops and Products**, vol. 43, 2013, p. 393-397. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.052> Acesso em: 27 ago. 2021.

PIANA, C. F. de B.; CARVALHO, F. I. F. de. Trigo: a cultura que deu suporte à civilização. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, 2008. 909 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117197/1/Origem-e-Evolucao-de-Plantas-Cultivadas-Baixa.pdf> Acesso em: 27 ago. 2021.

PERRIG, D.; BOIERO, L.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; CASSÁN, F.; LUNA, V. Plant growth promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and their implications for inoculant formulation **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.75, 2007, p.1143-1150.

REIS, V.M. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculantes para aplicação em gramíneas. *Embrapa Agrobiologia – Documentos* 232, 22 p. 2007. [cit. 2016-03-16]. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/34399/1/doc232.pdf> Acesso em: 27 ago. 2021.

REIS JÚNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T. & SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, n. 3, p. 1139-1146. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000300022> Acesso em: 27 ago. 2021.

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

ROSÁRIO, J. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à redução na adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de trigo. 85 f. **Dissertação** (dissertação de mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava/PR, Brasil. 2013.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.833-842. 2007.

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**, vol. 245, n. 2, p. 215-222, 2002. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020469603941>

SANGOI, L.; SILVA, L.; MOTA, M.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v. 39, p. 1141-1150, 2015.

SCHEUER, P. M.; DE FRANCISCO, A.; DE MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. **Trigo: Características E Utilização Na Panificação**. 2011. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277927737_TRIGO_CHARACTERISTICAS_E_UTILIZACAO_NA_PANIFICACAO Acesso em: 26 ago. 2021.

STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, v.149, p.55-60, 1994.

TARRAND, J.J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v.24, p.967-980, 1978.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Doses, fontes e época de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado. **Dissertação de Mestrado**. UNESP, Ilha Solteira/SP. 2008. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98895/teixeirafilho_mcm_me_ilha.pdf?sequence=1 Acesso em: 09 nov. 2021

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