



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA**

FELIPE ADELIO DE DAVID

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO TRIGO APÓS
INOCULAÇÃO DA SEMENTE COM *Azospirillum brasilense***

**ERECHIM
2014**

FELIPE ADELIO DE DAVID

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO TRIGO APÓS INOCULAÇÃO
DA SEMENTE COM *Azospirillum brasilense***

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Engenheiro Agrônomo da
Universidade Federal da Fronteira Sul.
Orientador: Prof. Dr. Leandro Galon

**ERECHIM
2014**

FELIPE ADELIO DE DAVID

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO TRIGO APÓS INOCULAÇÃO
DA SEMENTE COM *Azospirillum brasilense***

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Galon

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leandro Galon – UFFS

(Presidente da Banca)

Prof. Dr. Altemir José Mossi - UFFS

Prof. Me. Gismael Francisco Perin - UFFS

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo auxílio financeiro à pesquisa (Processos n. 482144/2012-2/CNPq e 12/2265-3/FAPERGS) e pelas concessões de bolsas.

Aos colegas de graduação, César T. Forte, Renato Kujawinski, Rafael L. Rech, Francisco Reichert, Maurício A. Scariot, Gisele Zobot, Luciane R. Agazzi, João P. Giacomini, Renato Wrubleski e Scheila L. Ecker pela ajuda prestada tanto na parte prática, como na parte laboratorial da pesquisa.

Aos professores Gismael F. Perin, Lauri L. Radunz, André L. Radunz e principalmente ao professor Leandro Galon pelo apoio e acompanhamento na análise e escrita do trabalho.

RESUMO

O nitrogênio (N) é um nutriente fundamental para que as cultivares expressem seu potencial de produtividade e também para a obtenção da qualidade dos grãos colhidos de trigo. Entretanto a utilização da adubação nitrogenada além de elevar os custos de produção pode provocar contaminação dos agroecossistemas. Neste contexto, na busca por modelos produtivos sustentáveis tem-se considerado a possibilidade de uso das bactérias diazotróficas na fixação de N atmosféricos para as gramíneas, como o trigo. Assim, objetivou-se com o trabalho avaliar, em condições de campo, o desempenho agrônômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, isolado ou associado a doses de N na Região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul. Adotou-se delineamento experimental de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. No fator A foram alocadas as doses de N (0,0; 67,5 e 135,0 kg ha⁻¹) e no B as doses de *A. brasilense* (0,0; 100; 200 e 300 mL ha⁻¹). Na pré-colheita as variáveis avaliadas foram o número de espigas m⁻² e altura de plantas (cm) de trigo. Após a colheita foram determinados ainda o comprimento de espiga (cm), a quantidade de grãos cheios, estéreis e total por espigas, a massa de mil grãos (g), a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e o peso hectolitro (kg hl⁻¹). Os resultados demonstram que a inoculação das sementes de trigo com *A. brasilense* associada a doses de N afeta de maneira diferenciada os componentes do rendimento de grãos da cultura. O efeito positivo sobre as variáveis é observado, em geral, com o uso de doses de *A. brasilense* superiores a 160 mL ha⁻¹ e em associação a dose 0,0 kg ha⁻¹ de N. O *A. brasilense* influenciou negativamente a altura de planta e houve pouca resposta também para o número de espigas. Já o número de grãos cheios, o total de grãos por espiga, a massa de mil grãos e a produtividade foram influenciadas positivamente com o uso de doses entre 170 e 200 mL ha⁻¹ de *A. brasilense* e ausência de N. A associação de *A. brasilense* e de N apresentam efeito negativo à produtividade de grãos do trigo, sendo observado maiores produtividades apenas quando o *A. brasilense* é aplicado na ausência de N.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. Simbiose. Fixação biológica de nitrogênio.

ABSTRACT

Nitrogen (N) is a crucial element for cultivars to express their yield potential and grain quality. The use of nitrogen fertilizer, however, besides increasing production costs, may contribute to contamination of agroecosystems. In this context, the search for sustainable production models has been considered the usability of diazotrophs in fixing atmospheric N for grasses such as wheat. Thus, we intended to evaluate in this work, under field conditions, the agronomic performance of wheat after seed inoculation with *Azospirillum brasilense* alone or associated to N levels in the Northern region of Rio Grande do Sul, in randomized blocks design in factorial 3 x 4 with four replications. Factor A comprised N doses (0,0; 67,5 and 135,0 kg ha⁻¹) and factor B doses of *A. brasilense* (0,0; 100; 200 and 300 mL ha⁻¹). Prior to harvest the number of spikes m⁻² and plant height (cm) of wheat were evaluated. After harvesting the ear length (cm), number of filled and sterile grains per ear, a thousand grain weight (g), grain yield (kg ha⁻¹) and hectolitre mass were also determined (kg hl⁻¹). Inoculation of wheat seeds with *A. brasilense* associated to doses of N affects differently wheat yield components. Positive effects were observed on variables with use of 160 mL ha⁻¹ or higher doses of *A. brasilense* combined to 0,0 kg ha⁻¹ of N. *A. brasilense* affected plant height and ear number. The number of filled and total grains per ear, a thousand grain weight and yield were positively influenced by use of doses between 170 and 200 mL ha⁻¹ of the *A. brasilense* and absence fertilizer N. The association of *A. brasilense* and N affected wheat grain yield, being higher yields observed only when *A. brasilense* is applied in absence of N.

Keywords: *Triticum aestivum*, Symbiosis, Biological nitrogen fixation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Altura (cm) de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de <i>Azospirillum brasilense</i> . UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	12
Figura 2. Altura (cm) de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida às doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	13
Figura 3. Número de espigas (m ⁻²) de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de <i>Azospirillum brasilense</i> e de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	14
Figura 4. Número de grãos cheios por espiga de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de <i>Azospirillum brasilense</i> e de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	15
Figura 5. Número de grãos por espiga de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de <i>Azospirillum brasilense</i> e de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	16
Figura 6. Massa de mil grãos (g) de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	17
Figura 7. Peso hectolitro (kg hl ⁻¹) de grãos de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida a aplicação de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	18
Figura 8. Produtividade (kg ha ⁻¹) de grãos de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação com doses de <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....	20

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Comprimento de espiga (cm) de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e doses de N. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....16
- Tabela 2** – Número de grãos estéreis de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e doses de N. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.....16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

O trigo é o segundo cereal mais produzido no mundo, apresentando importância econômica, social e cultural para o Brasil. A região Sul, na safra 2013, cultivou 95,2% da área brasileira, sendo o estado do Rio Grande do Sul (RS) o maior produtor do cereal, responsável por aproximadamente 57% do volume de grãos (CONAB, 2014).

A obtenção de elevada produtividade nas lavouras tritícolas está condicionada à adoção de novos cultivares, aos manejos e tratos culturais adotados, mas principalmente ao uso de altas doses de fertilizantes em especial os nitrogenados (MENECHIN et al., 2008; DARTORA et al., 2013). Na cultura do trigo o nitrogênio (N) é considerado um nutriente limitante para o desenvolvimento, crescimento, produtividade e qualidade dos grãos (SALA et al., 2007; MENECHIN et al., 2008; MEGDA et al., 2009; TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

Durante o estágio vegetativo do trigo, o N é necessário para potencializar o número máximo de grãos por espiga e o número de colmos por área, deixando clara sua intervenção positiva na fase de perfilhamento da cultura (PIETRO-SOUZA et al., 2013). Segundo Prando et al. (2013) o N é o nutriente mais absorvido e mais exportado pelas plantas, exercendo forte influência na definição produtividade.

A importância fundamental do N nos cultivos agrícolas e a busca por maiores produtividades tem aumentado o uso dos adubos nitrogenados. Entretanto, além de elevar os custos de produção estes fertilizantes podem provocar a contaminação dos agroecossistemas devido as ocorrentes perdas por volatilização, lixiviação e desnitrificação (SANTOS E FAGERIA, 2007, SANT'ANA et al., 2010).

Diante do exposto, aliado à crescente demanda por uma agricultura mais sustentável, no que tange o uso dos recursos naturais, a utilização de bactérias diazotróficas fixadoras de N tem sido foco de muitas pesquisas. Para gramíneas, como arroz, trigo, milho e sorgo, a fixação biológica de N atmosférico por bactérias dos gêneros *Herbaspirillum*, *Burkholderia* e *Azospirillum* tem demonstrado suprir parcialmente a demanda das plantas (HUNGRIA et al., 2010). Destaca-se entre estas o *Azospirillum brasilense*, pelos resultados positivos alcançados quando associado às gramíneas, tais como o milho e trigo (HUNGRIA et al., 2010; MENDES et al., 2011; NOVAKOWSKI et al., 2011; ARAÚJO et al., 2014).

Muitas espécies vegetais estão associadas a bactérias que promovem o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo capazes de estabelecer populações endofíticas nos diferentes tecidos e órgãos das plantas, sem causar qualquer sintoma visível de sua presença (HAYAT et al., 2010). Os microrganismos produzem fitormônios, ou substâncias análogas

capazes de estimular o crescimento e o desenvolvimentos de plantas (PÉREZ-GARCIA et al., 2011), sendo esse efeito classificado como direto. Já Zhang et al. (2011) relatam que os estímulos indiretos podem induzir o crescimento das plantas pela melhoria da disponibilidade e absorção de nutrientes minerais e água.

Apesar da existência de resultados positivos em gramíneas, com o uso de *A. brasilense*, é de conhecimento que o genótipo da planta hospedeira e as condições climáticas do local de cultivo são fundamentais para o estabelecimento da interação planta-bactéria e conseqüentemente ter-se a obtenção dos benefícios oriundos da associação (CAVALLET et al., 2000; REIS et al., 2000; SALA et al., 2007; LANA et al., 2012; DARTORA et al., 2013).

Desse modo a inoculação da semente de trigo com a bactéria diazotrófica *A. brasilense*, pode melhorar o desempenho agrônômico e conseqüentemente aumentar a produtividade de grãos dessa cultura. Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar, em condições de campo, o desempenho agrônômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com *A. brasilense*, isolada ou associada a doses de N no Alto Uruguai do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental do Colégio Agrícola Estadual Ângelo Emílio Grandó, em Erechim/RS, durante a safra 2012/2013. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoferrico (EMBRAPA, 2006). A correção do pH e a adubação foram realizadas com base na análise de solo e seguindo as recomendações técnicas para a cultura do trigo (COMISSÃO, 2011).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 3x4, com quatro repetições. No fator A foram alocadas as doses de N em cobertura (0,0; 67,5 e 135,0 kg ha⁻¹) e no B as doses da bactéria *A. brasilense* (0,0; 100; 200 e 300 mL ha⁻¹).

A cultivar de trigo semeada foi a TBIO Pioneiro, tendo em vista o recente lançamento e o potencial de utilização para a região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul. A cultivar é de ciclo médio, semeada no espaçamento entre linhas de 0,17 m, com densidade média de 411 plantas m⁻². As unidades experimentais apresentaram 5 m de comprimento por 2,21 m de largura (11,05 m²).

A bactéria *A. brasilense* cepas Ab-V5 e Ab-V6, contendo a concentração de 2 x 10⁸ unidades formadoras de colônia mL⁻¹ (produto comercial Masterfix Gramíneas[®]), foi inoculada na forma líquida as semente de trigo, cerca de 10 minutos antes da semeadura realizada em 27/06/2012.

As doses de N foram aplicadas em cobertura, em duas fases fenológicas, metade da dose no afilhamento e a outra metade no alongamento dos entre nós. Para tanto aplicou-se o N na forma de ureia (45% de N), de acordo com os tratamentos propostos.

As variáveis avaliadas foram: na pré-colheita: altura de planta, mensurada com fita métrica desde a base do solo até o ápice da espiga de modo aleatório em dez plantas de cada unidade experimental e o número de espigas m⁻², foi determinado por contagem manual. Na colheita: determinou-se em dez espigas colhidas aleatoriamente na área útil da parcela, o comprimento de espigas (cm) o qual foi mensurado com régua graduada, o número de grãos cheios, estéreis e o total de grãos por espiga, ambos por contagem. Na pós-colheita: aferiu-se a massa de mil grãos (g) por contagem, o peso hectolitro (kg hl⁻¹) com o uso de balança marca Dalle Molle, modelo 40 e a produtividade de grãos colhendo-se manualmente uma área de 1,0 x 3,5 m da área útil central da parcela. Destaca-se que a colheita do trigo foi realizada quando os grãos atingiram 18% de umidade, sendo posteriormente esse índice corrigido para 13% para determinar o peso hectolitro e a produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$) em sendo significativo foram submetidos a modelos de regressão polinomial. A escolha dos modelos baseou-se na significância estatística (teste F), no ajuste do coeficiente de determinação (R^2) e no significado biológico do modelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que houve interação entre as doses de *A. brasilense* e as doses de nitrogênio (N) para as variáveis número de espigas, número de grãos cheios e total de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Já para as variáveis altura de planta e peso hectolitro foi constatado apenas efeito simples da dose da bactéria e/ou do N. O comprimento de espiga e o número de grãos estéreis por espiga não apresentaram efeito nem da interação e nem do efeito simples dos tratamentos.

A altura de plantas apresentou efeito simples das doses de *A. brasilense* e de N. O uso de doses crescentes de *A. brasilense* provocou redução de aproximadamente 11% na altura de plantas até a aplicação de 200 mL ha⁻¹, sendo a partir desta dose foi constatado leve incremento na altura das plantas até a dose de 300 mL ha⁻¹, contudo sendo ainda próximo a 9% menor que na ausência da aplicação (Figura 1). Resultados distintos foram verificados por Cavallet et al. (2000) e Dartora et al. (2013) ambos trabalharam com milho e não perceberam a influência da inoculação de *Azospirillum* spp. sobre a altura das plantas.

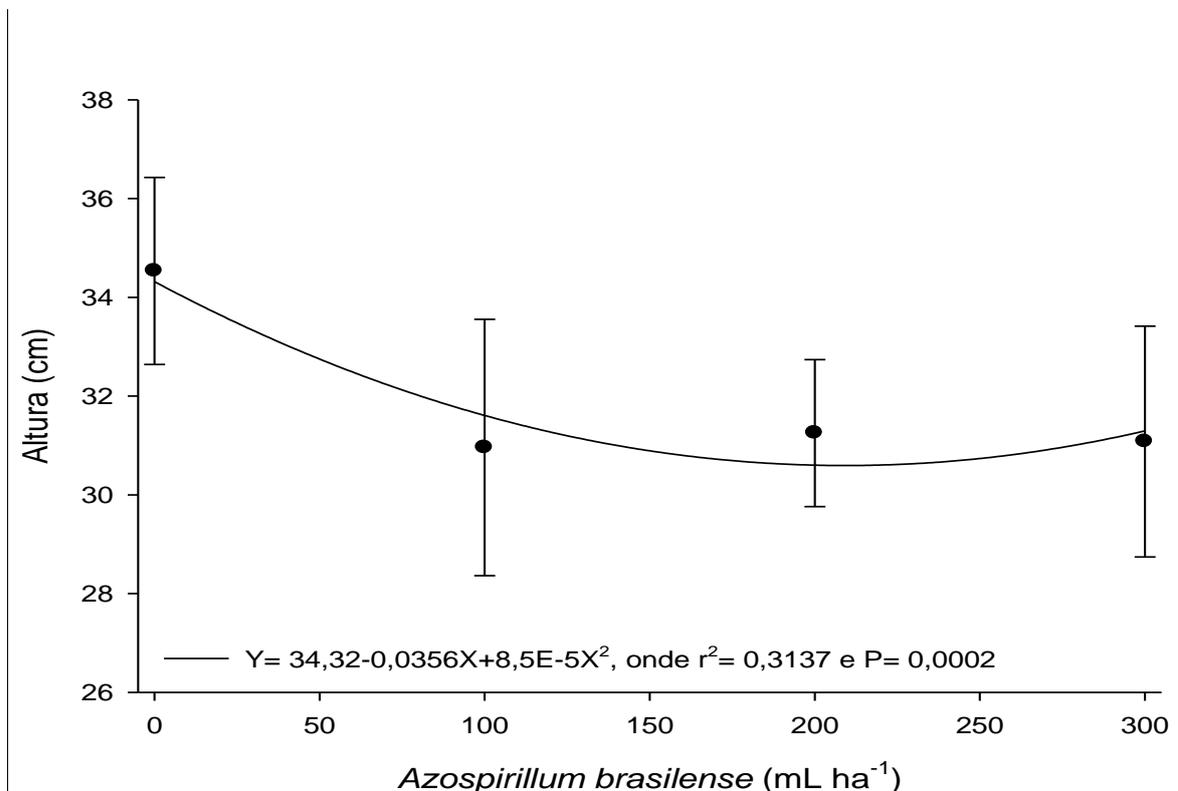


Figura 1. Altura (cm) de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense*. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

A aplicação de doses crescentes de N demonstrou incremento linear na altura das plantas (Figura 2). Foi verificado que a altura das plantas variou em 8,5% entre a dose 0,0 e 135,0 kg ha⁻¹, sendo constatado incremento de 0,019 cm a cada 1,0 kg de N aplicado. Resultados similares foram obtidos por Dartora et al. (2013) ao constatarem que a cada 1,0 kg de N adicionado ao solo proporcionou aumento em 0,05 cm na altura das plantas de milho. Já Lana et al. (2012) não observaram diferenças na altura de plantas de milho após aplicação de N, os mesmos autores descrevem que esse fenômeno pode estar ligado a características genéticas de cada híbrido testado.

O número de espigas apresentou interação entre as doses da bactéria *A. brasilense* e a dose 0,0 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). Foi constatado aumento de 7% no número de espigas, quando se aplicou 300 mL ha⁻¹ em comparação ao uso de 0,0 mL ha⁻¹ de *A. brasilense*. Aumento próximo a 30% no número de espigas de milho, quando inoculadas as sementes com *A. brasilense*, foi constatado por Araújo et al. (2014) comparando-se com o tratamento sem inoculação. O aumento no número de espigas pode ser atribuído ao maior desenvolvimento radicular das plantas, quando inoculadas com a bactéria (ARAÚJO et al., 2014), fato que pode promover melhor absorção do N disponível no solo. Resultado contraditório foi observado por Didonet et al. (2000) ao avaliarem a inoculação das estirpes de *A. brasilense* 245 e o isolado 10 de *A. lipoferum* na cultura do trigo ao constarem redução no número de espigas por unidade de área. Pode-se inferir que o sucesso com a inoculação da semente com *A. brasilense* esta associada à cultura em que a mesma é inoculada, a cultivar e as condições edafoclimáticas dos locais de cultivo, ou seja, as respostas variam de acordo com a interação planta-bactéria-ambiente, conforme observado por Sala et al. (2007).

Para comprimento de espigas e número de grãos estéreis não foi verificado interação e nem efeito simples dos fatores testados, constatando-se comprimento médio da espiga de 8,0 cm (Tabela 1) e 9,04 grãos estéreis por espiga (Tabela 2). Já Cavallet et al. (2000) verificaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. proporcionou, em média, aumento de 6% no comprimento das espigas na cultura do milho. Convém destacar que as culturas respondem de maneira diferenciada a inoculação das sementes com *A. brasilense*, pois em milho pode-se ter efeito positivo (CAVALLET et al., 2000), já em trigo, arroz e cevada alguns autores encontraram efeitos neutros ou mesmo negativos (SLAFER E RAWSON, 1994; DIDONET et al., 2000; SANTA et al., 2004).

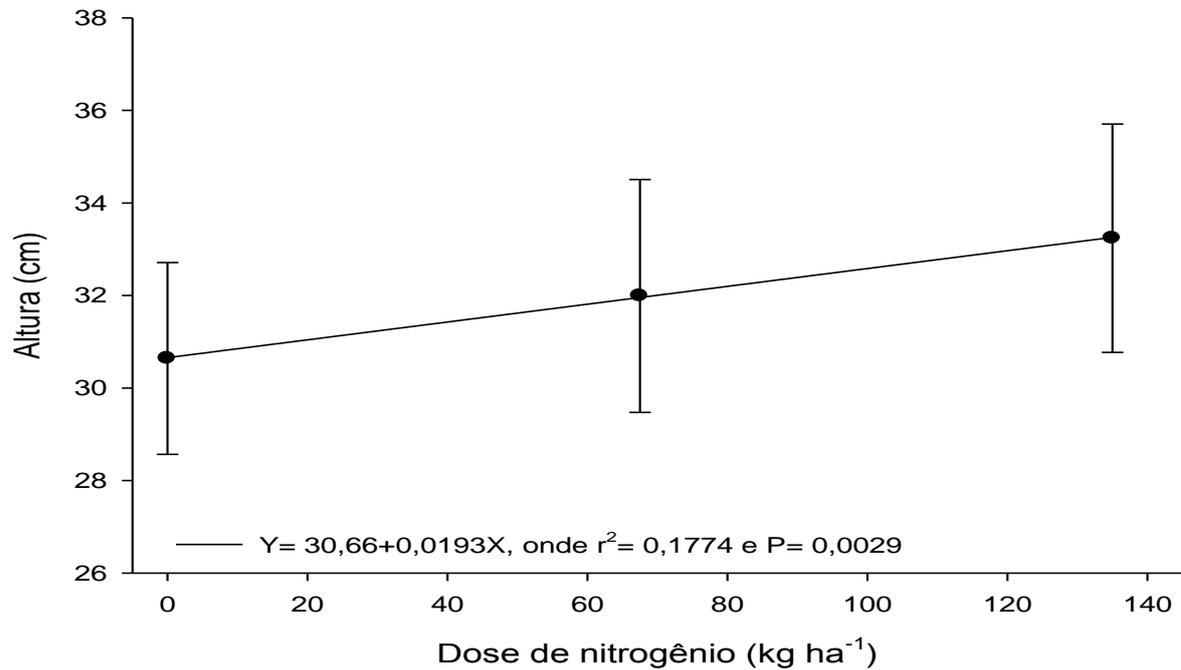


Figura 2. Altura (cm) de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida às doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

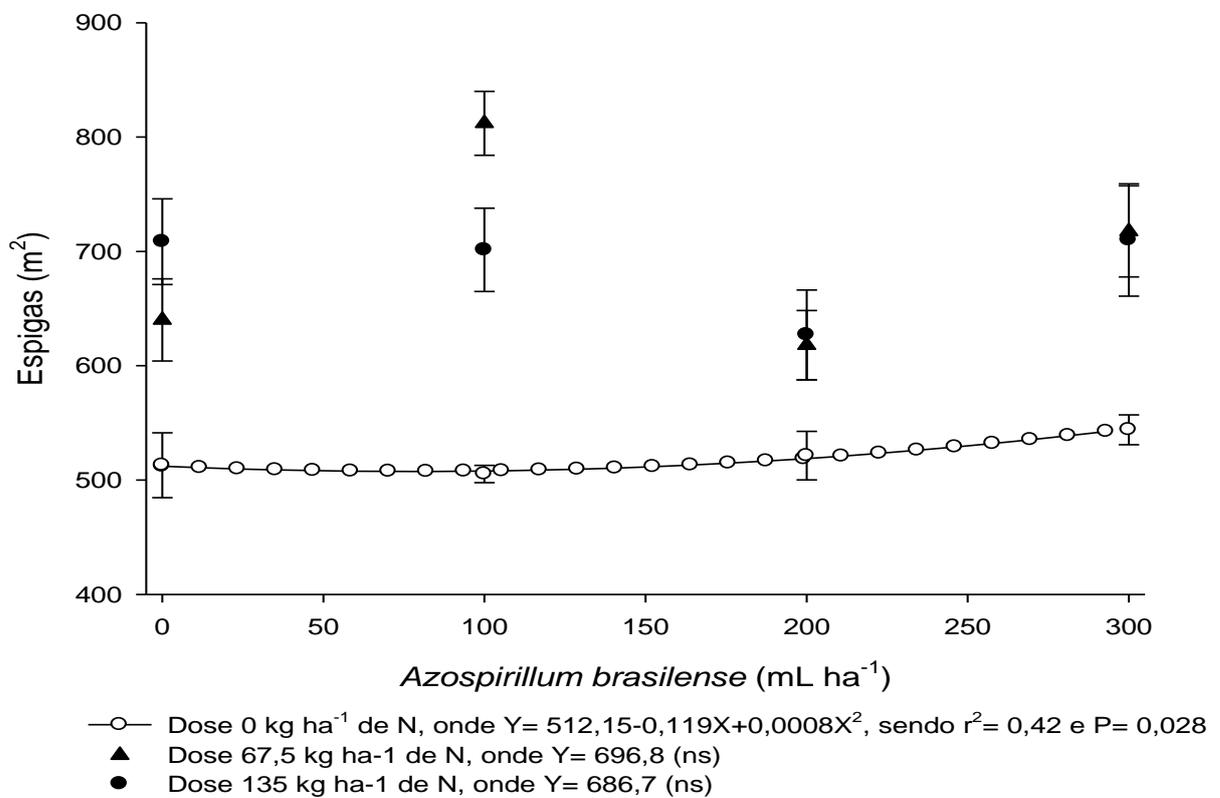


Figura 3. Número de espigas (m²) de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

Tabela 1 – Comprimento de espiga (cm) de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e doses de N. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	3.03929	1.01310	11.8896 **
Trat-a (Ta)	3	0.34342	0.11447	1.3435 ns
Resíduo-a	9	0.76688	0.08521	
Parcelas	15	4.14959		
Trat-b (Tb)	2	0.20855	0.10427	0.7365 ns
Int. TaxTb	6	1.00505	0.16751	1.1831 ns
Resíduo-b	24	3.39813	0.14159	
Total	47	8.76132		
CV% <i>Azospirillum</i> = 3.66		CV% N= 4.71		

Tabela 2 – Número de grãos estéreis de plantas de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e doses de N. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	2.39500	0.79833	0.3320 ns
<i>Azospirillum</i> (Ta)	3	25.21000	8.40333	3.4952 ns
Resíduo-a	9	21.63833	2.40426	
Parcelas	15	49.24333		
Nitrogênio (Tb)	2	3.30292	1.65146	1.2109 ns
Int. TaxTb	6	5.65875	0.94312	0.6915 ns
Resíduo-b	24	32.73167	1.36382	
Total	47	90.93667		
CV% <i>Azospirillum</i> = 17.12		CV% N= 12.89		

O número de grãos cheios apresentou interação apenas para a dose 0,0 kg ha⁻¹ de N e as doses de *A. brasilense* (Figura 4). Foi verificado que até a dose de 100 mL ha⁻¹ da bactéria ocorre decréscimo próximo a 7% no número de grãos cheios, sendo a partir desta dose verificado incremento nessa variável. Já a partir da aplicação de 200 mL ha⁻¹ de *A. brasilense* observou-se aumento no número de grãos cheios em relação à dose 0,0 mL ha⁻¹, chegando a um incremento de 13,4% no número de grãos cheios com o uso da maior dose da bactéria (300 mL ha⁻¹).

Para Didonet et al. (2000) a inoculação com bactérias diazotróficas endofíticas pode proporcionar translocação mais eficiente da biomassa das plantas para os grãos, produzindo grãos mais cheios e pesados. Isto porque a ação da bactéria sobre a planta potencializa a absorção e assimilação de N, essencial para as gramíneas expressarem grãos mais cheios (CAVALLET et al., 2000; ARAÚJO et al., 2014).

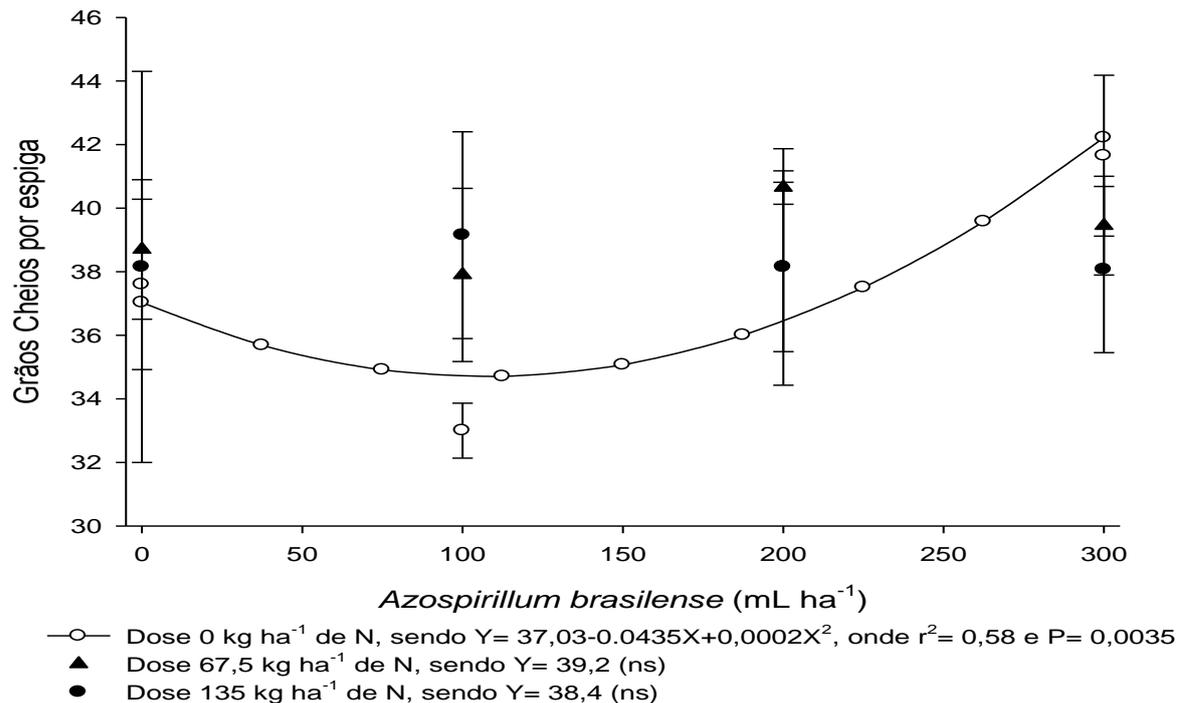


Figura 4. Número de grãos cheios por espiga de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

O total de grãos por espiga apresentou interação apenas entre a dose de 0,0 kg ha⁻¹ de N com as doses de *A. brasilense* (Figura 5). Observou-se que até a dose de 100 mL ha⁻¹ de *A. brasilense* ocorreu decréscimo próximo a 3% no GE, sendo que a partir dessa dose ocorreu aumento para a variável. Quando se aplicou 170 mL ha⁻¹ da bactéria foi constatado aumento no GE em relação à dose 0,0 mL ha⁻¹, chegando a um incremento de 17,6% com o uso de 300 mL ha⁻¹. Araújo et al. (2014) ao avaliarem a massa de espigas de milho observaram aumento da variável ao inocularem a semente, em comparação aos tratamentos sem a presença de *A. brasilense*. Em seu estudo com trigo Didonet et al. (2000) não constataram diferença no número de grãos por espiga entre os tratamentos inoculados e não inoculados com *A. brasilense* e *A. lipoferum*.

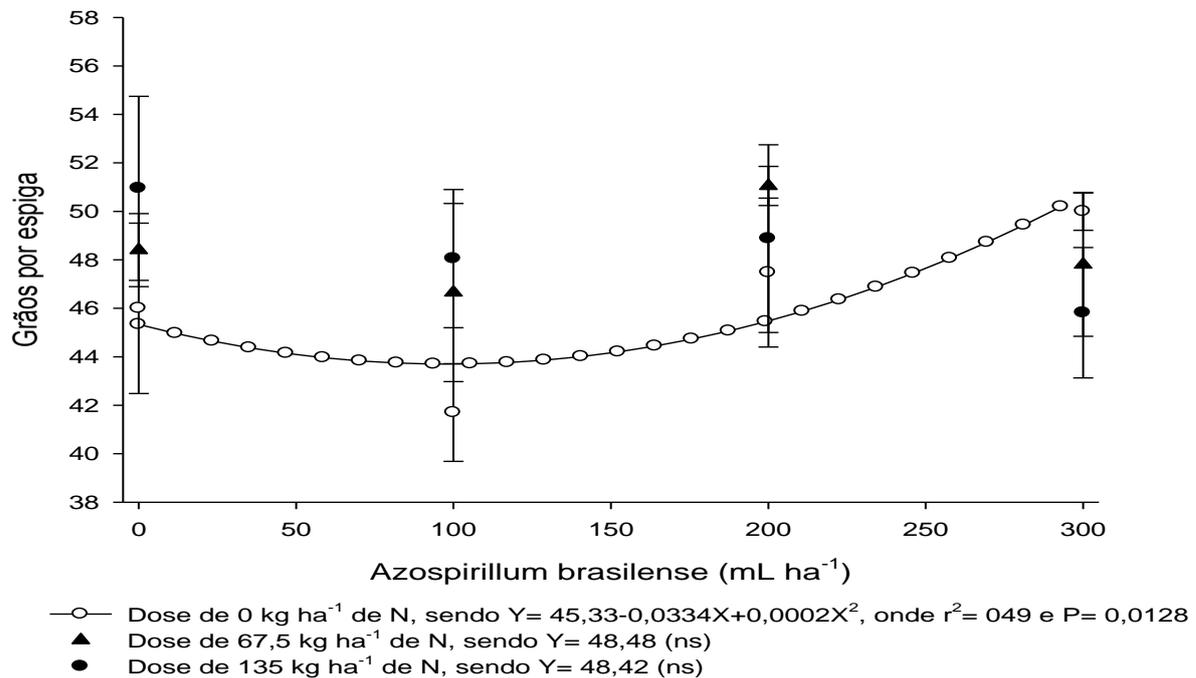


Figura 5. Número de grãos por espiga de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

O resultado da massa de mil grãos demonstrou interação das doses de *A. brasilense*, apenas quando se aplicou 135,0 kg ha⁻¹ de N (Figura 6). Verificou-se que o incremento da dose da bactéria quando associada a maior dose de N, propiciou aumento na MG. Observou-se ainda que a partir da aplicação de 200 mL ha⁻¹ de *A. brasilense* ocorreu moderado incremento da MG. Sala et al. (2007) verificaram que independente da dose das bactérias diazotróficas (*Azospirillum brasilense*, *Achromobacter insolitus* e *Zoogloea ramigera*) ou da cultivar utilizada, a massa de mil grãos foi influenciada positivamente pelo emprego dos isolados testados. Para Didonet et al. (2000) o efeito positivo da interação *A. brasilense* com o N deve-se a melhor distribuição desse nutriente na planta, implicando em maior translocação para os grãos de trigo.

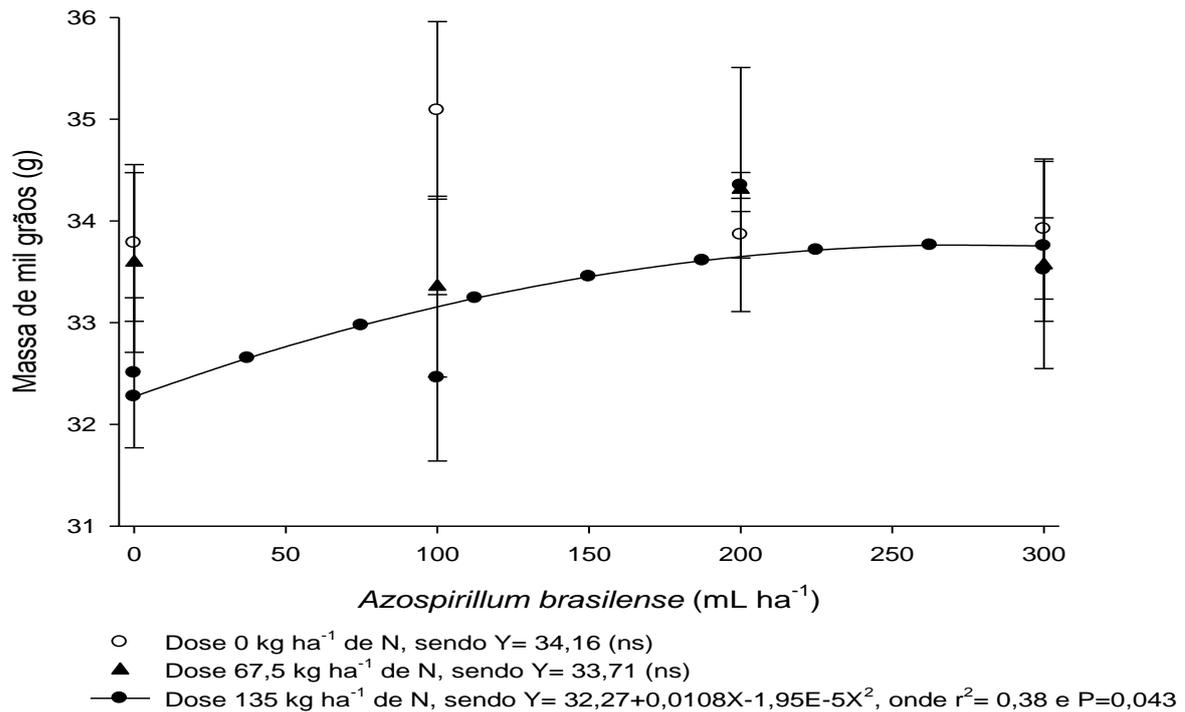


Figura 6. Massa de mil grãos (g) de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação de doses de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

O peso hectolitro não apresentou interação entre os fatores, sendo significativo apenas para as doses de nitrogênio (Figura 7). Constatou-se no presente trabalho que o aumento na dose de nitrogênio promoveu redução no peso hectolitro, sendo o mesmo fato verificado por Prando et al. (2012) ao avaliar doses de nitrogênio no desempenho agrônomo de genótipos de trigo. De acordo com Frizzone et al. (1996) a redução do peso hectolitro pode ser atribuída a maior competição entre grãos por fotoassimilados, já que o incremento das doses de N proporcionam aumento no número de espigas (m²) e no número de grãos (m²). Entretanto, na presente pesquisa estudou-se a interação das doses de *A. brasilense* e doses de N, não foi possível identificar o efeito isolado do N sobre as variáveis; número de espigas (m²) e número de grãos por espiga. Ressalta-se que o peso hectolitro é um dos parâmetros mais importantes que expressa a qualidade do trigo destinado a produção de farinha e que o mesmo foi afetado negativamente pelo incremento na dose de N.

Os valores observados para produtividade de grãos apresentaram interação significativa entre as doses de *A. brasilense* e as doses de N (Figura 8). Para a dose 0,0 kg ha⁻¹ de N, foi observado a maior produtividade quando associada à dose de 175 mL ha⁻¹ (2885,7 kg ha⁻¹), sendo está 16,9% superior à dose 0,0 mL ha⁻¹ da bactéria. A partir da dose 175 mL ha⁻¹ constatou-se redução da produtividade, fato que pode estar associado ao gasto energético

destinado à emissão de novos perfilhos. Isto porque segundo Didonet et al. (2000) o *A. brasilense* estimula o perfilhamento das plantas na fase inicial, podendo estes competirem entre si por N o que irá afetar na produtividade de grãos do trigo posteriormente.

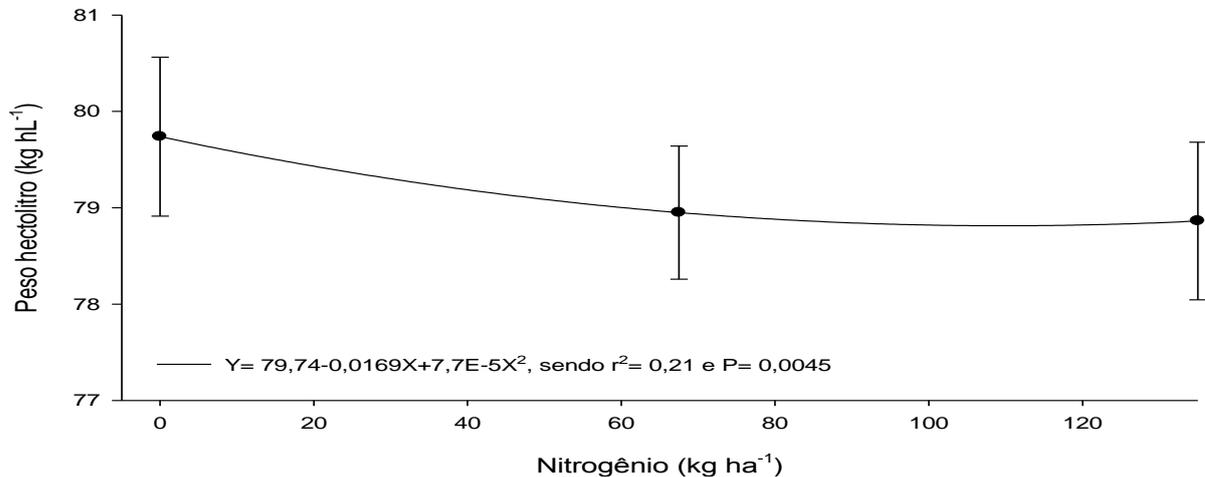


Figura 7. Peso hectolitro (kg hl⁻¹) de grãos de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida a aplicação de doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

Resultados do efeito positivo da inoculação de *A. brasilense* em gramíneas são descritos por Cavallet et al. (2000) os quais verificaram que a aplicação de 100 g do produto comercial Graminante[®] em 20 kg de sementes de milho, elevou a produtividade da cultura em 17% quando comparado a testemunha sem inoculante. Para Lana et al. (2012) a produtividade da cultura do milho quando analisada para dose 0,0 kg ha⁻¹ de N aumentou, em média, 11,4% nos tratamentos inoculados com *Azospirillum*, quando comparados os tratamentos sem inoculação. Contudo Sala et al. (2007) observaram que na ausência de fertilizante nitrogenado e na presença de *A. brasilense* isolado IAC-AT-8, nos genótipos de trigo ITD-19 e IAC-AT-8, não obtiveram benefício na produtividade de grãos com a inoculação das sementes.

A interação das doses de 67,5 e 135,0 kg ha⁻¹ de N com as doses da bactéria demonstram que, em ambas as doses de N, a presença da bactéria provocou redução na produtividade de grãos, quando comparada a produtividade obtida na ausência de *A. brasilense* (Figura 8). Constatou-se que a adição de *A. brasilense* até a dose de 220 e 235 mL ha⁻¹, associado respectivamente com a dose 67,5 e 135,0 kg ha⁻¹ de N provocou redução de 16,51 e 29,34% na produtividade de grãos. A partir das doses de 220 e 235 mL ha⁻¹ verificou-se estabilização e posterior leve aumento nos valores de produtividade até a maior dose da bactéria (300 mL ha⁻¹). Por conseguinte pode-se inferir que o uso da bactéria apenas justificava-se quando não é aplicado N. Os resultados obtidos são corroborados por Lana et al. (2012) os

quais verificaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum* quando associada a adubação nitrogenada em cobertura reduziu a produtividade do milho.

Pode-se associar o efeito negativo da inoculação de doses da bactéria e o uso de doses de N, sobre a produtividade, à redução da eficiência de fixação biológica, especialmente pelo amônio contido nos adubos nitrogenados, pois este reduz rapidamente a atividade da enzima responsável pela transformação do N₂ atmosférico (MENDES et al., 2008).

Entretanto Sala et al. (2007) destacam que foi possível verificar benefícios de até 26% na produtividade de grãos provenientes da inoculação associada à maior dose de N testada (120,0 kg ha⁻¹). Santa et al. (2004) em seus ensaios com trigo, cevada e aveia em casa de vegetação, também relataram aumento de produtividade na associação de *Azospirillum* spp. com adubações nitrogenadas. Aumento de 17% na produtividade de milho com a presença de *Azospirillum* spp. foi relatada por Cavallet et al. (2000). A hipótese encontrada por estes autores é de que a inoculação maximiza a utilização de N disponível e proporciona translocação mais eficiente da biomassa das plantas para os grãos, produzindo grãos mais pesados (DIDONET et al., 2000).

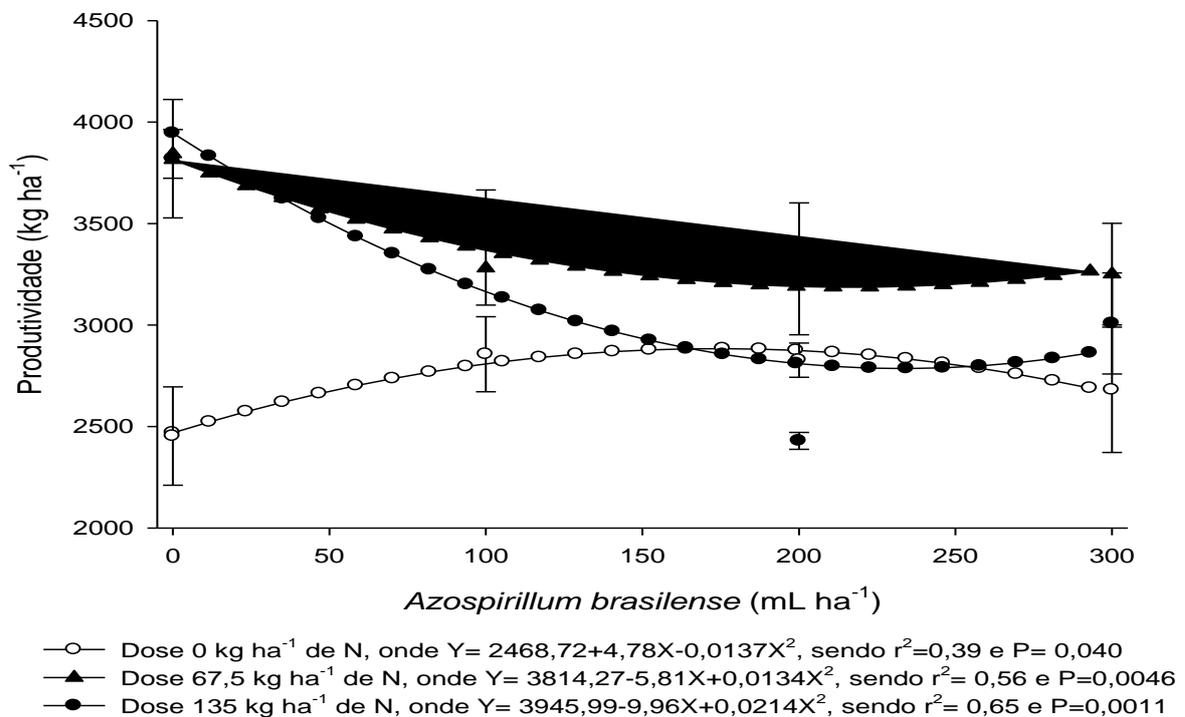


Figura 8. Produtividade (kg ha⁻¹) de grãos de trigo cultivar TBIO Pioneiro submetida à inoculação com doses de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio. UFFS, Erechim/RS, 2012/2013.

4 CONCLUSÃO

A associação de *A. brasilense* e de nitrogênio apresenta efeito negativo na produtividade de grãos de trigo, sendo observada maior produtividade apenas quando a bactéria é aplicada na ausência do uso de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R.M. et al. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.44, n.7, p.10-15, 2014.
- CAVALLET, L.E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000.
- Comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale. Informações técnicas para o trigo e triticale – Safra 2012. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste – Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2011. 204p.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Trigo - Brasil. **Série Histórica de: área, produtividade e produção**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11/06/2014.
- DARTORA, 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.
- DIDONET, A.D. et al. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.401-411, 2000.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: Embrapa, 2006. 306p.
- FRIZZONE, J.A. et al. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.6, p.425-434, 1996.
- HAYAT, R. et al. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, v. 60, n. 4, p. 579-598, 2010.
- 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**, v.331, n.1-2, p.413-425, 2010.
- LANA, M.C. et al. Inoculação com *Azospirillum*, associado à adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Ceres**, v.59, n.3, p.399-405, 2012.
- MEGDA, M.M. et al. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1055-1060, 2009.
- MENDES, I. C. et al. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em Latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 43, n. 8, p.1053-1060, 2008.

MENDES, M.C. et al. Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.95-110, 2011.

MENEGHIN, M.F.S. et al. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em latossolo vermelho do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.1941-1948, 2008.

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

PÉREZ-GARCÍA, A. et al. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 22, n. 1, p. 187-193, 2011.

PIETRO-SOUZA, W. et al. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n.6, p.575-580, 2013.

PRANDO, A.M. et al. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.43, n.1, p. 34-41, 2013.

PRANDO, A.M. et al. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agronômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.621-632, 2012.

REIS, V.M. et al. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Reviews in Plant Science**, v.19, n.3, p.227-247, 2000.

SALA, V.M.R. et al. Resposta de genótipo de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.6, p.833-842, 2007.

SANT'ANA, E.V.P. et al. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.491-496, 2010.

SANTA, O.R.D. et al. *Azospirillum sp.* Inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. **Revista Brasileira de Biologia e Tecnologia**, v.47, n.6, p.843-850, 2004.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N.K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1237-1248, 2007.

SLAFER, G.A.; RAWSON, H.M. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.393-426, 1994.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.T. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.797-804, 2010.

ZHANG, Y. F. et al. Characterization of ACC deaminase producing endophytic bacteria isolated from copper tolerant plants and their potential in promoting the growth and copper accumulation of *Brassica napus*. **Chemosphere**, v.83, n.1, p.57-62, 2011.