

# Bactérias Nodulíferas Coinoculadas em Cultivares de Trigo Cultivado em Latossolo Vermelho do Cerrado

## Coinoculated Noduliferous Bacteria Cultivars in Wheat Grown in a red Latosolo Cerrado

Wellington F. Roque<sup>\*a</sup>; Salomão L. Guimarães<sup>b</sup>; Edna M. Bonfim-Silva<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal. MT, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal de Rondonópolis, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas. MT, Brasil

\*E-mail: wellington.fava23@gmail.com

---

### Resumo

O uso de bioinsumos vem se tornando destaque na cadeia produtiva de alimentos, pois contribui para um bom desempenho produtivo e agrega vantagens econômicas ao produtor. Este trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros agrônômicos da eficiência da coinoculação de bactérias nodulíferas em três cultivares de trigo cultivadas em Latossolo Vermelho do Cerrado. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com as cultivares BRS 394, BRS 264 e BRS 254, desenvolvidas pela Embrapa para áreas de Cerrado. As cultivares de trigo foram submetidas à coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (estirpes SEMIA 5079, SEMIA 5080 e BR3267), *Rhizobium tropici* (estirpes MT08 e MT15), *R. leguminosarum* (estirpe MT16) e *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6) de forma isolada ou combinada e duas testemunhas: nitrogênio mineral e absoluta (sem inoculante e nitrogênio mineral). As variáveis analisadas foram massa seca da parte aérea, massa seca e volume da raiz, altura e número de folhas, índice de clorofila, número de perfilho, número de espigas e número de espiguetas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Houve efeito isolado e interação entre os tratamentos e as cultivares. A cultivar BRS 254 foi superior às demais cultivares em altura da planta, número de folhas, perfilhos e espiguetas. Os tratamentos com os inoculantes testados diferiram positivamente da testemunha nitrogenada na massa seca da raiz. No número de espigas, os inoculantes comerciais foram expressivos nas três cultivares testadas. O uso de bactérias nodulíferas como biofertilizantes pode ser uma alternativa eficiente no desenvolvimento do trigo.

**Palavras-chave:** Bactérias Associativas. Biofertilização. *Triticum aestivum* L.

### Abstract

The use of bio-inputs has become a highlight in the food production chain, as it contributes to good production performance and adds economic advantages to the producer. This work aimed to evaluate the efficiency of co-inoculation of nodulating bacteria on the agronomic parameters of three wheat cultivars in Cerrado red latosol. The experiment was conducted in a greenhouse with the cultivars BRS 394, BRS 264 and BRS 254, developed by Embrapa for Cerrado areas. The wheat cultivars were subjected to co-inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* (strains SEMIA 5079, SEMIA 5080 and BR3267), *Rhizobium tropici* (strains MT08 and MT15), *R. leguminosarum* (strain MT16) and *Azospirillum brasilense* (strains AbV5 and AbV6) in isolation or in combination and two controls: mineral nitrogen and absolute (without inoculant and mineral nitrogen). The variables analyzed were dry mass of the aerial part, dry mass and volume of the root, height and number of leaves, chlorophyll index, number of tillers, number of ears and number of spikelets. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared using the Scott-Knott test at 5% probability. There was an isolated effect and an interaction between treatments and cultivars. Cultivar BRS 254 was superior to the other cultivars in terms of plant height, number of leaves, tillers and spikelets. The treatments with the inoculants tested differed positively from the nitrogenous control in terms of root dry mass. In terms of the number of ears, the commercial inoculants were significant in the three cultivars tested. The use of nodulating bacteria as biofertilizers can be an efficient alternative for wheat development.

**Keywords:** Associative Bacteria. Biofertilization. *Triticum aestivum* L.

---

### 1 Introdução

Os biofertilizantes vêm se tornando um importante aliado para a agricultura sustentável no Brasil e no Mundo, pois trazem benefícios ambientais, econômicos e sociais (Rodrigues *et al.*, 2016, Ramesh; Amuthavalli, 2021), com maior relevância, atualmente, em função das mudanças climáticas e as crescentes demandas de uma população que busca a segurança alimentar associada à crescente necessidade de alimentos e rações, para a sobrevivência humana e animal (Fasusi; Cruz; Babalola, 2021).

Nesse contexto, surgem as novas fronteiras agrícolas, com solos muitas vezes impróprios para determinados tipos de culturas ou com uma alta exigência de fertilizante, como exemplo o cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) no Cerrado brasileiro.

O trigo é um importante cereal na dieta humana, com vários subprodutos, sendo uma das espécies mais cultivadas no Mundo (Budak; Kantar; Kurtoglu, 2013). A sua produção nacional está crescendo, com um total 8,4 milhões de toneladas em 2022, um crescimento de 8% em comparação com a safra

de 2021 (Conab, 2023).

O Cerrado de Mato Grosso vem se destacando como alternativa para o cultivo de trigo irrigado graças a novas cultivares geneticamente desenvolvidas para a região (Silva *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2023), mas sua produção é cara, pela baixa disponibilidade de nutrientes nos solos, principalmente o nitrogênio, que é exigido em grande quantidade pela cultura para atingir uma produção agrícola satisfatória (Colombo *et al.*, 2022; Sedri *et al.*, 2021).

Como alternativa, a biofertilização vem provando ser uma forma viável e eficiente para melhorar a fertilidade do solo, disponibilizar nitrogênio e tornar sustentável o cultivo de trigo nos solos da região (Roque; Guimarães; Bonfim-Silva, 2021), pois a diversidade bacteriana, na rizosfera da planta e no solo, contribui para uma melhor absorção de água e nutrientes e a sua tolerância ao estresse, promovendo o crescimento e aumento da produção agrícola (Almeida *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2019; Elkelish *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022).

Há um otimismo para a busca de estirpes microbianas que sirvam como inoculantes de grande espectro para culturas agrícolas, provendo bom desenvolvimento da planta. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros agrônômicos da eficiência da coinoculação de bactérias nodulíferas *Azospirillum brasilense*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Rhizobium tropici*, e *R. leguminosarum* em três cultivares de trigo, BRS 394, BRS 264 e BRS 254 cultivadas em Latossolo Vermelho do Cerrado.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis (16°28'42" S; 50°34'37"O; 284m), Mato Grosso, Brasil. Foram utilizadas as cultivares de trigo BRS 394, BRS 264 e BRS 254, desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa e adaptadas ao cultivo no Cerrado.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 13x3, com 13 tratamentos: T1 (Inoculante comercial para trigo – composto pelas estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum brasilense*); T2 (Inoculante comercial para soja – composto pelas estirpes SEMIA5079 e SEMIA5080 de *Bradyrhizobium japonicum*); T3 (inoculante comercial para feijão caupi – composto pela estirpe BR3267 de *B. japonicum*); T4 (estirpe MT08 de *Rhizobium tropici*, isolada a partir de plantas iscas de feijão caupi); T5 (MT16 de *R. leguminosarum*, isolada a partir de plantas iscas de feijão caupi); T6 (MT15 de *R. tropici*, isolada a partir de plantas iscas de feijão caupi); T7 (inoculante trigo + inoculante para feijão caupi); T8 (inoculante trigo + MT08); T9 (inoculante trigo + MT16); T10 (inoculante trigo + MT15); T11 (inoculante trigo + inoculante para soja); T12 (testemunha com nitrogênio mineral); T13 (testemunha absoluta – sem inoculação e nitrogênio fertilizante), três cultivares (BRS 394, BRS 264 e BRS 254) e quatro repetições, totalizando 156 unidades

experimentais.

As unidades experimentais foram compostas por vasos com 4 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013), coletado na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, apresentando as seguintes características químicas e granulométricas: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,10; Al<sup>3+</sup> = 1,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>+</sup> = 4,90 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC = 5,69 cmolc dm<sup>-3</sup>; V (%) = 13,90; P = 0,40 mg dm<sup>-3</sup>; K = 34,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 0,40 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,30 cmolc dm<sup>-3</sup>; areia = 545,00 g Kg<sup>-1</sup>; silte = 100,00 g Kg<sup>-1</sup>; argila = 355,00g Kg<sup>-1</sup> e Matéria orgânica = 17,70 g Kg<sup>-1</sup>.

Com base nos resultados da análise de solo, foi necessário elevar a saturação por bases para 50%, com a incorporação de calcário dolomítico (PRNT = 80%), reagindo por um período de trinta dias para a correção da acidez.

Posteriormente, realizou-se a adubação com superfosfato simples, na dose de 300 mg dm<sup>-3</sup>, cloreto de potássio na dose de 100 mg dm<sup>-3</sup> e FTE BR12 na dose de 50 mg dm<sup>-3</sup> (9% Zn, 1,8% B, 0,8% Cu, 2% Mn, 3,5% Fe, 0,1% Mo). Na testemunha nitrogenada se utilizou a ureia como fonte de nitrogênio, na dose de 100 mg dm<sup>-3</sup>, parcelado em duas aplicações: dez dias após as emergências das plântulas e no início do perfilhamento.

Durante a condução do experimento, a umidade do solo foi mantida pelo método gravimétrico (Bonfim-Silva *et al.*, 2011), mantendo 60% da capacidade de retenção de água no vaso.

As estirpes MT15, MT08, MT16 e BR3267 foram multiplicadas em meio de cultura YMA (extrato de malte 0,3%, extrato de levedura 0,3%, peptona 0,5% e glicose 1%), em mesa agitadora orbital durante 48 h, a 30°C (Lazzaretti; Melo, 2005). Realizou-se o teste de pureza nas colônias bacterianas por meio das características morfológicas e a verificação da viabilidade celular atendeu aos padrões exigidos pela legislação brasileira, correspondendo a 1x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> (Brasil, 2010).

Aos dez dias após a semeadura (DAS), foram aplicados 1 mL do caldo bacteriano (1x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup>), por planta, próximo ao sistema radicular (Guimarães; Vila; Santos, 2015). As plantas correspondentes aos tratamentos compostos por inoculantes comerciais receberam a dose de acordo com as recomendações do fabricante. Cada unidade experimental foi composta por um vaso contendo cinco plantas de trigo.

Durante o período vegetativo, foram avaliados os seguintes parâmetros agrônômicos: número de perfilhos, altura das plantas, número de folhas e índice de clorofila Falker aos 30, 40 e 50 DAS. O número de espigas foi avaliado aos 40 e 50 DAS. Ao final do ciclo vegetativo, foram avaliados o número de espiguetas, a massa seca total, composta pela soma da massa seca da parte aérea e da massa das raízes, assim como o volume de raízes (Guimarães *et al.*, 2019). O índice de clorofila foi quantificado em aparelho clorofilômetro ClorofiLOG® Falker, por meio da média aritmética das leituras feitas em folhas recém expandidas +1 e +2 das cinco plantas, evitando-

se as nervuras e priorizando as condições adequadas de luz (Prando *et al.*, 2019).

O volume das raízes foi determinado por meio de uma proveta graduada após lavagem em peneira de 5mm para retirada dos resíduos de solo com água corrente em baixa pressão, sem prejudicar sua integridade. A massa seca total foi determinada após a secagem da parte aérea e raiz das plantas em estufa com circulação de ar forçada a 65°C por até 72 h.

Os resultados foram submetidos à análise de variância com o teste F e quando significativos, comparados pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ), utilizando o software Sisvar versão 5.7 (Ferreira, 2019). Quando necessário, as variáveis foram transformadas pela raiz quadrada de  $Y + 1,0$ .

**Quadro 1** - Análise de variância para blocos (B), cultivares (C), tratamentos com inoculantes (I) e interação entre as cultivares e os inoculantes testados (CxI) com seus respectivos graus de liberdade para apresentação do grau de significância pelo teste F a 5% de probabilidade

Variáveis	Fonte de variação/GL				CV (%)
	B	C	I	CxI	
	3	2	12	24	
	p-valor				
Massa seca total	0,67 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,001*	0,54 <sup>ns</sup>	23,21
Volume de raízes	0,36 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,0012*	0,69 <sup>ns</sup>	0,38**
Massa seca da parte aérea	0,72 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,00*	0,61 <sup>ns</sup>	25,68
Massa seca de raízes	0,78 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,00*	0,89 <sup>ns</sup>	14,82**
Altura de plantas -30 DAS	0.8538 <sup>ns</sup>	0.0251 *	0.00002 *	0.8538 <sup>ns</sup>	10,64
Altura de plantas - 40 DAS	0.8966 <sup>ns</sup>	0.0824 <sup>ns</sup>	0.00001 *	0.8966 <sup>ns</sup>	13,19
Altura de plantas - 50 DAS	0.2631 <sup>ns</sup>	0.0194 *	0.00024 *	0.9653 <sup>ns</sup>	12,49
Índice de clorofila - 30 DAS	0.8566 <sup>ns</sup>	0.7746 <sup>ns</sup>	0.00001 *	0.8566 <sup>ns</sup>	20,76
Índice de clorofila - 40 DAS	0.8149 <sup>ns</sup>	0.5698 <sup>ns</sup>	0.0001 *	0.8149 <sup>ns</sup>	16,94
Índice de clorofila - 50 DAS	0.4393 <sup>ns</sup>	0.8753 <sup>ns</sup>	0.00002 *	0.3523 <sup>ns</sup>	23,79
Número de folhas - 30 DAS	0.5809 <sup>ns</sup>	0.0203 *	0.0065 *	0.0921 <sup>ns</sup>	23,17
Número de folhas - 40 DAS	0.4019 <sup>ns</sup>	0.0361 *	0.0004 *	0.4185 <sup>ns</sup>	22,52
Número de folhas - 50 DAS	0.0074 *	0.2441 <sup>ns</sup>	0.0001 *	0.6007 <sup>ns</sup>	26,86
Número de perfilhos - 30 DAS	0,4099 <sup>ns</sup>	0,0013 *	0,00003 *	0,6539 <sup>ns</sup>	19,40
Número de perfilhos - 40 DAS	0.4544 <sup>ns</sup>	0.0055 *	0.00008 *	0.4544 <sup>ns</sup>	20,34
Número de perfilhos - 50 DAS	0.3875 <sup>ns</sup>	0.0013 *	0.00008 *	0.050 *	20,14
Número de espigas - 40 DAS	0.0478 *	0.0001 *	0.00003 *	0.0478 *	27,41
Número de espigas - 50 DAS	0.1600 <sup>ns</sup>	0.0004 *	0.00001 *	0.1176 <sup>ns</sup>	19,72
Número de espiguetas	0.52 <sup>ns</sup>	0.011 *	0.002 *	0.90 <sup>ns</sup>	16,70 **

\*: significativo pelo teste F ( $p > 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo. \*\*: Médias transformadas pela raiz quadrada de  $Y + 1,0$ . CV: Coeficiente de variação.

Fonte: dados da pesquisa.

Na avaliação independente dos tratamentos com bactérias, as cultivares de trigo, de forma isolada, apresentaram desempenho favorável para as variáveis altura de plantas (aos 30 e 40 DAS), número de folhas (aos 30 e 40 DAS), número de perfilhos (aos 30 e 40 DAS), número de espigas (aos 50 DAS) e número de espiguetas (Quadro 2).

**Quadro 2** - Desempenho agrônomo de cultivares de trigo coinoculadas com bactérias nodulíferas

Variáveis	Cultivares		
	BRS 254	BRS 264	BRS 394
Altura de plantas - 30 DAS	49,50 a	46,81 b	47,62 b
Altura de plantas - 50 DAS	52,73 a	50,30 b	53,89 a
Número de folhas - 30 DAS	67,42 a	62,03 b	59,46 b

### 3 Resultados e Discussão

O efeito de blocos nas variáveis número de folhas aos 50 DAS e número de espigas aos 40 DS foi significativo (Quadro 1). As cultivares apresentaram diferenças para as variáveis altura de plantas aos 30 e 50 DAS, número de folhas aos 30 e 40 DAS, número de perfilhos aos 30 e 40 DAS, número de espigas aos 50 DAS e número de espiguetas (Quadro 1). De forma isolada, todas as variáveis analisadas apresentaram diferença ( $p > 0,05$ ) para o efeito dos inoculantes testados. Na interação entre os tratamentos (inoculantes x cultivares de trigo), somente o número de perfilhos aos 50 DAS e número de espigas aos 40 DAS foram significativos.

Número de folhas - 40 DAS	72,07 a	65,84 b	64,88 b
Número de perfilhos - 30 DAS	16,80 a	14,92 b	14,84 b
Número de perfilhos - 40 DAS	16,80 a	14,92 b	14,84 b
Número de espigas - 50 DAS	16,11 a	14,78 b	13,75 b
Número de espiguetas	11,05 a	11,36 a	9,46 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: dados da pesquisa.

A cultivar BRS 254 apresentou desempenho superior quando comparada às cultivares BRS 264 e BRS 394 para altura de plantas, número de folhas, número de perfilhos, número de espigas e maior número de espiguetas, reforçando

a sua robustez genética para uma boa performance em solos do Cerrado brasileiro (Fioreze *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2023).

A cultivar BRS 264 apresentou média semelhante a cultivar BRS 254 para o número de espiguetas. Já a cultivar BRS 394 alcançou o mesmo desempenho que a BRS 254 na altura de plantas aos 50 DAS. As cultivares BRS 264 e BRS 394 apresentaram desempenho semelhante para altura de plantas aos 30 DAS, número de folha aos 30 e 40 DAS, número de perfilhos aos 30 e 40 DAS e número de espigas aos 50 DAS (Quadro 2).

No efeito isolado dos tratamentos com as bactérias diazotróficas, foram observados desempenho significativo para todas as variáveis analisadas. Na variável massa seca da parte aérea, os tratamentos com bactérias diazotróficas

apresentaram médias similares à testemunha nitrogenada, destacando os tratamentos com a estirpe MT15 e a combinação do inoculante comercial para o trigo + MT 15 (Quadro 3). Na massa seca das raízes, os tratamentos com inoculante para trigo+MT15, inoculante para trigo+inoculante para feijão caupi e inoculante para trigo foram superiores à testemunha nitrogenada, com incrementos de 34,42%, 34,29% e 28,41% respectivamente (Quadro 3). No volume de raízes, os tratamentos com inoculante não apresentaram diferença em relação à testemunha nitrogenada. Os maiores incrementos na biomassa da raiz foram registrados nos tratamentos com inoculante comercial para trigo com 76,66% e estirpe MT15 com 75,86% sobre a testemunha absoluta.

**Quadro 3** - Peso de massa seca total, volume de raízes, número de espiguetas e índice de clorofila Falker em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico

Tratamentos	Peso da massa seca total (g vaso <sup>-1</sup> )	Peso da massa seca da parte aérea (g vaso <sup>-1</sup> )	Peso da massa seca de raízes (g vaso <sup>-1</sup> )	Vol. raízes (cm <sup>3</sup> )	Nº espiguetas	Índice de clorofila Falker 30 DAS	Índice de clorofila Falker 40 DAS	Índice de clorofila Falker 50 DAS
Inoculante comercial para trigo	22,60 a	8.26 a	4.87 a	0,030 a	11,53 a	37,75 a	46,86 a	28,78 a
Inoculante comercial para soja	20,46 a	8.21 a	4.10 a	0,026 a	10,95 a	39,72 a	41,88 a	33,45 a
Inoculante para feijão caupi	22,45 a	8.40 a	4.11 a	0,026 a	11,31 a	36,16 a	44,71 a	35,50 a
MT08	19,36 a	7.11 a	3.57 b	0,026 a	11,07 a	40,61 a	43,16 a	35,29 a
MT16	19,89 a	7.30 a	3.35 b	0,025 a	10,80 a	34,89 a	43,72 a	34,61 a
MT15	23,10 a	8.90 a	4.47 a	0,029 a	10,09 a	37,66 a	44,24 a	40,13 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	21,01 a	7.70 a	4.49 a	0,028 a	10,49 a	35,02 a	42,64 a	34,58 a
Inoculante trigo + MT08	21,88 a	7.68 a	4.17 a	0,028 a	11,02 a	36,25 a	45,90 a	35,47 a
Inoculante trigo + MT16	20,19 a	7.65 a	3.57 b	0,024 a	10,58 a	39,44 a	41,87 a	35,92 a
Inoculante trigo + MT15	23,02 a	8.45 a	4.88 a	0,026 a	10,88 a	39,11 a	41,44 a	32,63 a
Inoculante trigo + inoculante soja	22,69 a	8.35 a	4.37 a	0,027 a	11,23 a	38,54 a	45,13 a	35,13 a
Testemunha nitrogenada	22,76 a	8,50 a	3,20 b	0,025 a	13,01 a	42,30 a	44,91 a	40,08 a
Testemunha absoluta	1,18 b	0,44 b	0,54 c	0,007 b	5,15 b	18,92 b	19,57 b	18,83 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott. (p<0,05).

Fonte: dados da pesquisa.

Os resultados apresentados mostraram a eficiência da inoculação no desenvolvimento e crescimento das raízes, constatadas pela sua massa e volume, indicando a fixação biológica de nitrogênio e/ou fornecimento de fitormônios promotores do crescimento (Muthukumarasamy *et al.*, 2017; Souza; Ambrosini; Passaglia, 2015), tornando o sistema radicular mais extenso, o que facilita a absorção de nutrientes presentes no solo e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento das plantas de trigo (Alexandre; Greer; Zhulin, 2001; Chen *et al.*, 2017), contribuindo ainda para criação de biofilmes microbianos na região rizosfera do trigo (Zubair *et al.*, 2019).

No número de espiguetas, assim como para o índice de clorofila Falker, houve a mesma tendência, pois os tratamentos de inoculação e/ou coinoculação apresentaram valores iguais às médias obtidas em plantas que receberam adubação nitrogenada (Quadro 3). É notável que um maior índice de clorofila contribui de forma positiva para o desenvolvimento

da planta, confirmado por Ullah *et al.* (2017), no qual as plantas de trigo apresentaram melhor desenvolvimento nos tratamentos referentes à coinoculação com estirpes de rizóbio.

Importante ressaltar que, tradicionalmente, bactérias genericamente conhecidas como rizóbio são comumente utilizadas em leguminosas, a exemplo da soja que obtém todo o nitrogênio a partir da simbiose com essas bactérias. Os resultados desse trabalho evidenciaram que os benefícios das interações entre plantas de trigo e bactérias diazotróficas vão além da fixação biológica de nitrogênio, o que as tornaram essenciais ao sistema, especialmente quando se preconiza a agricultura mais sustentável e menos dependente de insumos derivados do petróleo.

Os efeitos da coinoculação no trigo foram demonstrados do mesmo modo para as variáveis altura de plantas, bem como para o número de folhas, perfilhos e espigas, independentemente do tempo de avaliação (Quadro 4).

**Quadro 4** - Altura de plantas, número de folhas, número de perfilhos e número de espigas em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico

Tratamentos	Altura de plantas (30 DAS)	Altura de plantas (40 DAS)	Altura de plantas (50 DAS)	Número de folhas (30 DAS)	Número de folhas (40 DAS)	Número de folhas (50 DAS)	Número de perfilhos (30 DAS)	Número de perfilhos (40 DAS)	Número de espigas (50 DAS)
Inoculante comercial para trigo	49,61 a	56,10 a	56,58 a	65,83 a	70,50 a	63,25 a	17,41 a	17,66 a	15,66 a
Inoculante comercial para soja	49,63 a	54,46 a	55,56 a	66,0 a	68,00 a	66,83 a	15,83 a	17,00 a	14,66 a
Inoculante para feijão caupi	52,15 a	55,99 a	56,66 a	70,50 a	74,00 a	70,33 a	17,08 a	18,33 a	16,41 a
MT08	48,31 a	52,16 a	52,92 a	58,33 a	66,66 a	62,58 a	15,41 a	16,91 a	14,41 a
MT16	47,95 a	50,17 a	51,34 a	68,00 a	66,75 a	58,83 a	15,58 a	16,75 a	15,25 a
MT15	52,04 a	54,72 a	55,44 a	77,33 a	76,08 a	64,66 a	17,16 a	19,16 a	16,75 a
Inoculante trigo + Inoculante caupi	48,76 a	53,16 a	53,97 a	63,83 a	67,75 a	65,58 a	15,91 a	17,08 a	14,91 a
Inoculante trigo + MT08	50,15 a	53,52 a	54,56 a	54,58 a	73,83 a	66,66 a	15,66 a	17,50 a	15,75 a
Inoculante trigo + MT16	49,42 a	51,36 a	53,20 a	61,66 a	72,83 a	65,33 a	15,41 a	17,50 a	15,33 a
Inoculante trigo + MT15	49,95 a	54,70 a	55,39 a	67,91 a	72,33 a	66,33 a	17,58 a	18,83 a	16,50 a
Inoculante trigo + inoculante soja	50,47 a	56,21 a	56,43 a	66,33 a	72,00 a	65,75 a	16,75 a	18,50 a	15,83 a
Testemunha nitrogenada	50,63 a	52,00 a	53,65 a	71,33 a	75,83 a	78,50 a	17,00 a	18,58 a	17,41 a
Testemunha absoluta	24,66 b	23,40 b	24,30 b	17,00 b	22,83 b	20,50 b	5,0 b	5,0 b	4,58 b

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** dados da pesquisa.

As bactérias diazotróficas, inoculadas ou coinoculadas, proporcionaram bom desenvolvimento da altura das plantas, decorrente das funções desempenhadas pelo nitrogênio fornecido de forma biológica às plantas, por ser componente estrutural de macromoléculas e enzimas envolvidas no processo de desenvolvimento vegetativo, com melhor aproveitamento para o crescimento das plantas nos primeiros estágios vegetativos (Bredemeier; Mundstock, 2000), além de evitar perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e desnitrificação (Hungria; Nogueira; Araujo, 2016).

A altura está relacionada ao crescimento, sendo considerada como indicativo de produtividade, e com vistas a facilitar a colheita mecanizada. No presente trabalho, não foi observado acamamento das cultivares nos diferentes tratamentos. Esse fator tem relação positiva com um maior número de folhas e perfilhos, melhorando o estado nutricional das plantas (Rojas Padilla *et al.*, 2020), e em maior produção de fotoassimilados que serão armazenados nos grãos (Guimarães *et al.*, 2011)

O comportamento positivo da associação de diferentes espécies de bactérias promotoras de crescimento para cultura do trigo também foi notado em trabalhos produzidos por Alen’Kina *et al.* (2014); Didonet, Rodrigues e Kenner (1996); Dobbelaere *et al.* (2002); Prusinkiewicz *et al.* (2019); Restu, Bachtiar e Larekeng (2019); e Shang *et al.* (2021), enfatizando a importância desses micro-organismos para a sustentabilidade na produção agrícola, por meio da redução de insumos nitrogenados, assegurando menos perdas e melhor aproveitamento pelas plantas de trigo.

A importância dos perfilhos reflete, ainda, em maiores números de espigas e, conseqüentemente, em grãos. A interação entre os tratamentos de inoculação e/ou coinoculação e as cultivares aos 50 DAS. Esse resultado sugere relação à plasticidade genética das cultivares testadas com os inoculantes, garantindo melhor performance fisiológica no final do perfilhamento e nos estágios iniciais da formação de espigas (Quadros 5).

**Quadros 5** - Número de perfilhos em cultivares de trigo coinoculadas com rizóbio em Latossolo Vermelho distrófico

Tratamentos	Cultivares					
	Nº de perfilhos			Nº de espigas		
	BRS 254	BRS 264	BRS 394	BRS254	BRS264	BRS394
Inoculante comercial para trigo	18,75 Aa	14,00 Ab	16,50 Aa	16,00 Aa	12,50 Aa	13,75 Aa
Inoculante comercial para soja	18,50 Aa	13,50 Ab	15,50 Aa	15,75 Aa	12,00 Aa	11,00 Aa
Inoculante para feijão caupi	17,75 Aa	17,75 Aa	16,25 Aa	15,00 Aa	13,00 Aa	16,75 Aa
MT 08	17,75 Aa	13,75 Ab	16,25 Aa	14,50 Aa	10,00 Ab	11,75 Aa
MT 16	18,00 Aa	13,25 Ab	16,50 Aa	14,50 Aa	8,75 Bb	13,00 Aa
MT 15	18,25 Aa	19,00 Aa	15,50 Aa	16,75 Aa	16,50 Aa	11,50 Ba
Inoculante trigo + Inoculante caupi	17,50 Aa	19,00 Aa	12,50 Ba	11,75 Ab	15,00 Aa	9,50 Aa
Inoculante trigo + MT 08	15,75 Aa	18,50 Aa	14,50 Aa	12,00 Bb	16,50 Aa	10,25 Ba
Inoculante trigo + MT 16	19,50 Aa	15,00 Aa	15,25 Aa	17,00 Aa	11,50 Ba	9,75 Ba
Inoculante trigo + MT 15	17,75 Aa	18,25 Aa	11,25 Ba	16,00 Aa	14,50 Aa	13,25 Aa
Inoculante trigo + inoculante soja	17,25 Aa	17,75 Aa	18,00 Aa	14,50 Aa	14,00 Aa	14,00 Aa
Testemunha nitrogenada	19,00 Aa	19,00 Aa	17,75 Aa	16,75 Aa	15,00 Aa	9,25 Ba
Testemunha absoluta	4,00 Ab	4,75 Ac	4,00 Ab	6,25 Ac	2,00 Ac	3,00 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: dados da pesquisa.

A regulação do perfilhamento é um processo complexo. O estabelecimento dos meristemas axilares e a formação dos botões são controlados, principalmente, por fatores genéticos. Já o crescimento das gemas é regulado por vários fatores fisiológicos que se relacionam com fatores genéticos, hormonais e ambientais (Shang *et al.*, 2021).

Nesse sentido, a expressão nos números de perfilhos nas três cultivares utilizadas, foi potencializada, possivelmente, pelo fornecimento de nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento, a exemplo de auxinas, ácido indolacético, giberelina, entre outros, justificado pela interação entre cultivares e bactérias diazotróficas (Sedri *et al.*, 2022), melhorando as características produtivas do trigo.

#### 4 Conclusão

As bactérias nodulíferas, como bioinsumo, apresentam boa eficiência inoculadas ou coinoculadas nas cultivares de trigo BRS 254, BRS 26 e BRS 394, podendo ser uma alternativa eficaz para a produção sustentável em lavouras de trigo.

#### Referências

ALLENKINA, S.A. et al. Signal effects of the lectin from the associative nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* Sp7 in bacterial-plant root interactions. *Plant and solo*. v.381, p. 337-349, 2014.

ALEXANDRE, G.; GREER, S.; ZHULIN, I. Energy taxis is the dominant behaviour in *Azospirillum brasilense*. *J. Bacteriol.*, v.182, n.21, p.604, 2001.

ALMEIDA, Q.R.D. et al. Reinoculação de *Rhizobium tropici* em cobertura combinado ou não com *Azospirillum brasilense* em feijoeiro. *Pesq. Agropec. Trop.*, v.52, 2022.

BARBOSA, J.A. et al. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* em plantas de trigo submetidas a convivência com Azevém. *Ensaio Ciênc.*, v.23, n.2, p.115-120, 2019. doi: 10.17921/1415-6938.2019v23n2p115-120.

BONFIM-SILVA, E.M. et al. Desenvolvimento inicial, de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. *Rev. Caatinga*, v.24, n.2, p.180-186, 2011.

BRASIL: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, *Portaria nº30 de 12 de novembro de 2010*. Diário oficial da União da república federativa do Brasil, Brasília: MAPA, 2010.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciênc. Rural*. v.30, p.365-372, 2000.

BUDAK, H.; KANTAR, M.; KURTOGLU, K.Y. Drought tolerance in modern and wild wheat. *Scie. World J.*, v.2013, 2013. doi: 10.1155/2013/548246.

CHEN, M. et al. *Glomus mosseae* inoculation improves the root system architecture, photosynthetic efficiency and flavonoids accumulation of liquorice under nutrient stress. *Front. Plant Sci.*, v.8, p.931, 2017. doi: 10.3389 / fpls.2017.00931.

COLOMBO, M. et al. Desempenho agrônomico de trigo sob aplicação de herbicidas em pós-emergência. *Pesq. Agropec. Trop.*, v.52, 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023. Brasília: Conab, 2023.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M.H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.31, n.9, p.645-651, 1996.

DOBBELAERE, S. et al. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biol. Fertility Soils*, v.36, p.284-297, 2002. doi: 10.1007/s00374-002-0534-9.

ELKELISH, A. et al. Roles of Exogenous  $\alpha$ -Lipoic Acid and Cysteine in Mitigation of Drought Stress and Restoration of Grain Quality in Wheat. *Plants*. v.10, n.11, p.2318, 2021.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Brasília: Embrapa, 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema*

brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa, 2013.

FASUSI, O.A.; CRUZ, C.; BABALOLA, O.O. Agricultural sustainability: microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture*. v.11, n. 2, p.163, 2021.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Um sistema de análise de computador para efeitos fixos projetos de tipo de partida dividida. *Rev. Bras. Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019. doi: 10.28951/rbb.v37i4.450.

FIOREZE, S.L. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de trigo para safrinha no Planalto de Santa Catarina, Brasil. *Rev. Ciênc. Agrovet.*, v.19, n.2, p.188-196, 2020. doi: 10.5965/223811711922020188.

GUIMARÃES, S.L. et al. Desenvolvimento inicial de feijão caupi inoculado com rizóbio em Latossolo de Cerrado. *Acta Iguazu*. v.8, n.3, p.30-41, 2019.

GUIMARÃES, S.L.; VILA, T.D.A.; SANTOS, M.S.D. Inoculação de bactérias diazotróficas em plantas de trigo cultivado no sul de Mato Grosso. *Cerrado Agric.*, v.6, p.45-54, 2015.

GUIMARÃES, S.L. et al. Produção de capim marandu inoculado com *Azospirillum spp.* *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*. v.7, n.13, 2011.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A; ARAUJO, R.S Inoculação de *Brachiaria spp.* com a bactéria que promove o crescimento das plantas *Azospirillum brasilense*: um componente ecológico na recuperação de pastagens degradadas nos trópicos. *Agricul. Ecosist. Meio Amb.*, v.221, p.125-131, 2016. doi: 10.1016/j.agee.2016.01.024.

LAZZARETTI, E.; DE MELO, I.S. Influência de *Bacillus subtilis* na promoção de crescimento de plantas e nodulação de raízes de feijoeiro. *Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 2005.

MCSTEEN, P.; LEYSER, O. Shoot branching. *Rev Ann. Plant Biol.*, v.56, p.353-374, 2005.

MUTHUKUMARASAMY, R. et al. Isolation of bacterial strains possessing nitrogen-fixation, phosphate and potassium-solubilisation and their inoculation effects on sugarcane. *Indian J. Experim. Biol.*, v.55, n.3, p.161-170, 2017.

PRANDO, A.M. et al. Produtividade, índice de vegetação e clorofila de trigo em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cobertura. *Cultura Agron.*, v.28, n.3, p.329-342, 2019.

PRUSINKIEWICZ, P. et al. Control of bud activation by an auxin transport switch. *Proc. Nat. Acad. Scie.*, v.41, p.17431-17436, 2009.

RAMESH, T.; AMUTHAVALLI, A. Microbial biotechnology of biofertilizers-an overview. *Recent Trends in Modern Microbial Technol.*, v.1, p.86, 2021.

RESTU, M.; BACHTIAR, B.; LAREKENG, S.H. Gibberellin and IAA production by rhizobacteria from various private forest. *In IOP Conference Series: Earth and Environ. Sci.*, v.270, n.1, 2019.

RODRIGUES, A.A. et al. Isolamento e seleção de bactérias promotoras de crescimento vegetal associadas a cana-de-açúcar. *Pesq. Agropec. Trop.*, p.149-158, 2016.

ROJAS PADILLA, J. et al. Growth promotion on wheat (*Triticum turgidum L.* subsp. *durum*) by co-inoculation of native *Bacillus* strains isolated from the Yaqui Valley, Mexico. *Nova Sci.* v.12, 2020.

ROQUE, W.F.; GUIMARÃES, S.L.; BONFIM-SILVA, E.M. Development of wheat plants coinoculated with *rhizobium* strains. *Rev Bras. Eng. Agric., Amb.* v.25, p.758-763, 2021.

SEDRI, M.H. et al. Comparative analysis of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of rainfed wheat. *Agronomy*, v.12, p.1524, 2022.

SEDRI, M.H. et al. Interactive effects of nitrogen and potassium fertilizers on quantitative-qualitative traits and drought tolerance indices of rainfed wheat cultivar. *Agronomy*, v.12, 2021.

SHANG, Q. et al. Genetic, hormonal, and environmental control of tillering in wheat. *Crop J.*, v.5, p.986-991, 2021.

SILVA, T.J.A. et al. Evapotranspiration and crop coefficients in two irrigated wheat cultivars. *Rev Bras. Eng. Agric. Amb.*, v.24, p.252-257, 2020.

SOARES, D.C. et al. Growth and production of wheat cultivars under water tensions in Cerrado soil. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.*, v.27, p.279-286, 2023.

SOUZA, R.D.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L.M. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics Mol. Biol.*, v.38, p.401-419, 2015.

ULLAH, S. et al. Differential response of single and co-inoculation of *Rhizobium leguminosarum* and *Mesorhizobium ciceri* for inducing water deficit stress tolerance in wheat. *Ann. Microbiol.*, v.67, p.739-749, 2017.

ZUBAIR, M. et al. Genetic Screening and Expression Analysis of *Bacillus sp.* Reveal its potential to alleviate cold stress and modulate phytohormones in wheat. *Microorganisms*, v.7, n.9, p.337, 2019.