

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
CURSO DE AGRONOMIA

**MODOS DE APLICAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NO
CRESCIMENTO INICIAL DE TRITICALE**

Acadêmico: Murilo Sinatura Sipioni

Orientador: Prof. Dr. Tiago Zoz

Membros da Banca:

1. Orientador: Prof. Dr. Tiago Zoz
2. Membro Titular 1: Prof. Dr. Fabio Steiner
3. Membro Titular 2: Prof. Dr. Diógenes Martins Bardivieso

Suplente: Eng. Agro. Caio César Burin

Data: 25/11/2016. Horário: 07:00 h

Local:

Multimeios

Auditório

Outros

Cassilândia-MS

Novembro de 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
CURSO DE AGRONOMIA

**MODOS DE APLICAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NO
CRESCIMENTO INICIAL DE TRITICALE**

Acadêmico: Murilo Sinatura Sipioni

Orientador: Tiago Zoz

“Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo”.

Cassilândia-MS
Novembro de 2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

EPIGRAFE

Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe.

Leonardo da Vinci

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente à Deus, pelo dom da vida, e por ser presente em toda a minha vida.

A Nossa Senhora Aparecida, por ser mãe protetora e cuidadosa, por guiar meus passos e me tirar das trevas nas horas mais desesperadoras, por me confortar e operar grandes milagres em minha vida.

A minha família, por me dar o apoio necessário e forças para continuar em minhas batalhas e pela oportunidade de estudos, em especial meus pais, Antônio Roberto Sipioni e Maria Ivone Sinatura Sipioni (in memoriam), aos meus irmãos e grandes amigos, Bruno Sinatura Sipioni e Danilo Sinatura Sipioni.

Em especial a minha querida e amável mãe Maria Ivone Sinatura Sipioni (in momoriam), pelo exemplo de pessoa, batalhadora, sonhadora, inspiradora que foi e continua a ser, pelos conhecimentos deixados e que tinha como maior sonho ver seus três filhos formados, dedico a você que permanecerá viva sempre em meu coração, sua presença se fará sentir através da eternidade de seu brilho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, e por ajudar a transpor barreiras e se mostrar presente nas horas de maiores dores, pela sabedoria necessária para enfrentar os problemas.

A Nossa Senhora Aparecida, por ser tão presente e de grande importância em minha vida, por me guiar e derramar suas bênçãos de mãe sobre mim, pelos meus pedidos sempre atendidos pela senhora.

Agradeço aos meus pais, Antonio Roberto Sipioni e Maria Ivone Sinatura Sipioni (in momeriam) pela graça da vida, pela compreensão, pelo apoio e motivação para conseguir minha graduação, ao meu pai por ser pai, melhor amigo e grande exemplo de vida, por me ensinar a enfrentar meus problemas e sempre usar suas palavras de conforto, por me transferir todos as obrigações de homem e pai de família, a minha amada mãe, por tudo que representou em minha vida, á qual carrego em meu coração e mente, por me ensinar o certo e o errado, valores e princípios de família.

Aos meus irmãos, Bruno Sinatura Sipioni e Danilo Sinatura Sipioni, pelo total apoio em meus anos de vida e principalmente em minha graduação, irmãos e amigos que tenho como grandes exemplos.

Aos meus padrinhos, Osmino Sgavioli Júnior e Márcia Regina Sgavioli Sinatura, por desempenharem papel tão importante junto aos meus pais em minha formação como ser humano.

Aos tios, Floro Sinatura, Osni Sinatura, João Eduardo Sinatura, Hermogenes Santo Bassan, Osmino Sgavioli, Wilson Sipioni, Francisco Sipioni e Marcelo Busso, por total apoio e por serem grandes homens de família e amigos, por todo o conhecimento transmitido.

As minhas tias, Martha Bassan Sinatura, Márcia Regina Sgavioli Sinatura, Valentina Pires Sinatura, Neuza Massucato Sinatura, Sônia Sinatura, Lucimara Sipioni Busso, Vânia Palarro Sipioni, Rita Lanza Sipioni, pelo apoio e grande carinho.

Aos meus amados avôs e avós, João Sinatura (in memoriam) e Laurindo Sipioni e Djanir Sgavioli Sinatura e Maria Bodoni Sinatura.

Aos meus primos aos quais tenho como irmãos

Ao meu orientador Dr. Tiago zoz, pelos conhecimentos transmitidos, paciência e compreensão, à universidade, professores e demais funcionários, pela colaboração em todos esses anos.

Aos colaboradores do trabalho, André zoz, Jardel Zoz, Agner Freitas, Fábio Steiner.

Aos meus amigos de República H-Romeu e que serão levados para o resto de minha, Andrey Carmona (pilão), José Edson Paschoal (Gineceu), Elson Souza (Marmita), Edér Garcia (Edinho), Leandro Castro (Gordo), Hallyson de Souza (Tiguera), Conrado Garcia (Barretos), Nasser Rissi (Gordinho), Claudio Barrachi (Minhoca), Tiago Oliveira (Tigrila), Alvaro Alberto Pedro (Tisun), pelos anos de convivência e grande amizade e duas grandes amigas, Jéssica Miranda e Bruna Mello.

Aos amigos da República Amazonas por me acolherem, aos eternos amigos e amigas que fiz ao longo do curso, amizades que serão carregadas para sempre.

Agradeço em especial aos amigos da X turma de agronomia, que me proporcionaram momentos e amizades inesquecíveis.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ixx
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1. Localização e caracterização experimental	3
2.2. Instalação e Condução do Experimento	3
2.3. Variáveis avaliadas	5
2.4. Análises estatísticas	7
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	7
4. CONCLUSÕES	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo na camada de 0 - 20 cm antes da implantação do experimento. Cassilândia-MS. 2016	3
--	---

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Emergência de plântulas (a), tempo médio de emergência – TME (b) e índice de velocidade de emergência – IVE (c) dos cultivares de triticale Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticale ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F 7
- Figura 2.** Diâmetro de colmo (a) e altura de planta (b) dos cultivares de triticale Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticale ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F 8
- Figura 3.** Número total de folhas expandidas por planta (a e b) e número de afilhos por planta (c e d) dos cultivares de triticale Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade..... 9
- Figura 4.** Massa de matéria seca de colmo (a), massa de matéria seca de folhas (b), massa de matéria seca de espiga (c) e razão parte aérea/raiz (d) dos cultivares de triticale Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticale ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F 10
- Figura 5.** Massa de matéria seca da parte aérea (a e b) e massa de matéria seca total (c e d) dos cultivares de triticale Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade..... 12
- Figura 6.** Volume do sistema radicular (a), massa de matéria seca do sistema radicular (b) e densidade do sistema radicular (c e d) dos cultivares de triticale Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticale ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F..... 13
- Figura 7.** Área foliar (a), razão de massa foliar (b), área foliar específica (c) e razão de área foliar (d) dos cultivares de triticale Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras

maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticales ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F 14

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência dos modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* no crescimento inicial do triticale. O experimento foi conduzido sob cultivo protegido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia-MS, no período de abril a junho de 2016. Para a realização do experimento foi adotado delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2. O primeiro fator foi composto por quatro modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* (sem aplicação, aplicação na semente, aplicação no sulco de semeadura e aplicação via foliar sendo esta última realizada aos 10 dias após a emergência). O segundo fator foi composto por dois cultivares de triticale (IPR Aimoré e BRS Harmonia). Foram semeadas 10 sementes por vaso e após a estabilização do estande foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso. Os dados foram submetidos a análise de variância e utilizou-se o teste t (LSD) para comparação das médias relativas aos modos de aplicação e teste F para comparação de médias entre os cultivares de triticale. A aplicação de *Azospirillum brasilense* no sulco pode reduzir a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência de plântulas de triticale, dependendo do genótipo. Os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* não resultaram de forma geral em alterações no crescimento inicial do triticale. A resposta das plantas a aplicação de *Azospirillum brasilense* é variável, dependendo basicamente do genótipo de triticale utilizado.

Palavras-chave: X *Triticosecale* Wittmack, fixação biológica, inoculação, pulverização.

ABSTRACT

The present work was developed with the objective of evaluating the influence of the modes of application of *Azospirillum brasilense* on the initial growth of triticale. The experiment was conducted under protected cultivation at the Agronomic Experimental Station of the State University of Mato Grosso do Sul (UEMS), in Cassilândia-MS, from April to June 2016. For the experiment, a randomized block design with four Repetitions, in a 4x2 factorial scheme. The first factor was composed of four modes of application of *Azospirillum brasilense* (without application, seed application, sowing application and foliar application, the latter being performed 10 days after emergence). The second factor was composed of two triticale cultivars (IPR Aimoré and BRS Harmonia). Ten seeds were sown per pot and after stabilization of the stand the thinning was done leaving only one plant per pot. The data were submitted to analysis of variance and the t test (LSD) was used to compare the means relative to the modes of application and F test for comparison of means between triticale cultivars. The application of *Azospirillum brasilense* in the seed can reduce the emergence percentage and the emergence speed index of triticale seedlings, depending on the genotype. The modes of application of *Azospirillum brasilense* did not generally result in changes in the initial growth of triticale. The response of plants to the application of *Azospirillum brasilense* is variable, depending basically on the triticale genotype used.

Keu-words: X *Triticosecale* Wittmack, biological fixation, inoculation, spraying.

1. INTRODUÇÃO

O triticale é um cereal cultivado no inverno em algumas regiões no Brasil, sendo um híbrido originado pelo cruzamento do trigo com o centeio, onde o pesquisador Elbert Sillick Carman obteve plantas com produção de dez espigas em média (CARVALHO et al., 2008). As primeiras plantas férteis foram obtidas em 1888, pelo pesquisador Wilhelm Rimpau na Alemanha, após muitos cruzamentos, tendo assim uma planta híbrida com sementes, ao contrário das primeiras tentativas em que as plantas eram estéreis. Segundo Ammar et al. (2004), o pesquisador Moritz conseguiu provar em 1933 a presença da proteína de ambas espécies usadas no cruzamento nas plantas produzidas por Rimpau.

Segundo Nascimento Junior (2009), o triticale pode ser considerado uma planta de grande capacidade de crescimento se comparadas com outras espécies de cereais, quando cultivados em áreas de menor fertilidade, também é considerada uma planta rústica, de rentabilidade econômica e ambiental promovendo assim sustentabilidade para o sistema agrícola. De início a produção do triticale tinha objetivo de substituir o trigo na alimentação humana, mas atualmente a maior parte da sua produção é destinada para alimentação animal, entretanto, o autor destaca uma tendência no aumento dos grãos na alimentação humana (NASCIMENTO JUNIOR, 2009).

Segundo Mori et al (2014) no Brasil, a produção de grãos é voltada para farinha, usada em massas e biscoitos, na mistura com farinha de trigo ou no processo de “blend”, além disso o grão pode ser utilizado moído ou inteiro na produção de cereais matinais ou produtos considerados diets. Em países como Alemanha, Canadá e Austrália o triticale é muito utilizado para a produção de bioetanol, oriundo da matéria seca da parte aérea (MORI et al., 2014) Em relação a alimentação animal, principalmente na avicultura e suinicultura o triticale vêm substituindo outros alimentos energéticos, pelo seu alto teor de proteína e pelo preço mais acessível, principalmente em relação ao milho (FAGUNDES, 2003).

Segundo Sala et al (2005), o elevado custo de produção no cultivo de gramíneas deriva da alta demanda de adubação nitrogenada, sendo este nutriente

o mais limitante na produtividade, pois tem relação direta com os principais componentes de produção (número de afilhos, número de grãos por espiga e peso de 1000 grãos). Em busca da sustentabilidade ambiental e econômica em sistemas de produção agrícola, a fixação biológica de nitrogênio tem sido estudada por muitos autores, podendo complementar ou substituir o uso de fertilizantes químicos (BALDINI e BALDINI, 2005; HUNGRIA et al., 2010).

Embora muito presente em nossa atmosfera, o nitrogênio não consegue ser aproveitado por animais ou plantas, contudo os gases atmosféricos também se expandem para o espaço poroso do solo, e nesse contexto alguns microorganismos conseguem aproveitar esses gases, principalmente as bactérias, entre elas as bactérias do gênero *Azospirillum brasilens*, que são capazes de romper a forte tripla ligação do N_2 , que não permitem as plantas utilizarem esse gás, reduzindo à amônia, dessa forma se faz a associação entre as bactérias dizotróficas e as plantas, tornando possível a fixação do N_2

dessa forma se faz associação entre as bactérias dizotróficas e as plantas, tornando possível a fixação do N_2 pelas plantas (Hungria et al., 2007).

Conforme Elmerich e Newton (2007) um microorganismo muito utilizado para fixação biológica em gramíneas são as bactérias do gênero *Azospirillum*, que tem ação associativa com as plantas, utilizando no metabolismo fontes de nitrogênio como aminoácidos, nitrato, amônia e nitrito, fixando assim o nitrogênio atmosférico e solubilizando o fosfato inorgânico, mas até então, a ação destas bactérias não foi completamente compreendida.

Quando se utiliza bactérias diazotróficas, é de suma importância que se tenha um número alto de bactérias viáveis, o período entre inoculação e plantio ser curto devido a viabilidade da bactéria, assim diversos estudos sendo realizados com intuito de definir a melhor forma de aplicação das bactérias. Muller et al. (2012) trabalhou com dois tipos de aplicação: aplicação direta no sulco de semeadura e tratamento de sementes e não observou diferenças significativas entre as formas de aplicação. Já Ciciliato e Casimiro (2015) trabalhou com a

aplicação de *Azospirillum* ssp. via foliar e conclui que houve diferenças significativas.

O seguinte trabalho se baseia na hipótese de que a aplicação de *Azospirillum brasilense* de forma adequada pode resultar em ganhos no crescimento inicial de plantas de triticale. Partindo desse princípio, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos modos de aplicação de *A. brasilense* no crescimento inicial do triticale.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização experimental

O experimento foi conduzido sob cultivo protegido na Estação Experimental Agrícola da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Cassilândia (UEMS/UUC), localizada no município de Cassilândia – MS (latitude: 19°05'30,50" longitude: 51°05'55,64" e altitude: 549 metros) no período de abril a junho de 2016. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, a região apresenta clima tropical com estação seca de inverno (Aw).

O solo utilizado é classificado como Neossolo Quartzarênico (95 g/kg de argila, 50 g/kg de silte e 855 g/kg de areia), coletado na camada de 0,0 - 0,20 m de profundidade. Na Tabela 1 são apresentadas as características químicas do solo seguindo metodologia proposta por Raij et al. (2001).

Tabela 1. Características químicas do solo na camada de 0 - 20 cm antes da implantação do experimento. Cassilândia-MS. 2016

pH	P _{resina} mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	Al+H	SB	CTC	V%	S-SO ₄ mg dm ⁻³
						mmol _c dm ⁻³					
5,2	2,0	14,0	1,7	10,0	7,0	0,0	22,0	18,7	40,7	46,0	2,0
m		B	Cu		Fe		Mn		Zn		
%		mmol _c dm ⁻³									
0,0		0,08	0,60		8,00		5,70		0,30		

2.2. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2. O primeiro fator foi constituído por quatro modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* (sem aplicação, aplicação na semente, aplicação no sulco de semeadura e aplicação via foliar). O segundo fator foi constituído por dois cultivares de triticales (IPR Aimoré e BRS Harmonia). Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade volumétrica de 5 litros, totalizando 32 vasos.

2.3. Instalação e Condução do Experimento

Como fonte de *Azospirillum brasilense* utilizou-se o inoculante comercial líquido Nitro1000[®] Gramíneas que contém as estirpes AbV5 e AbV6 com 200 milhões de células por ml. Para o tratamento de sementes, utilizou-se a dose de 100 ml de inoculante para 60.000 sementes, o que corresponde a 333.333 células por semente. Para aplicação no sulco, foi realizada a semeadura, e antes de fechar o sulco, com uma micropipeta foi adicionado o inoculante em cada sulco. A dose utilizada foi de 6,0 litros por hectare que corresponde a 20.000.000 células por semente. Após a adição do inoculante os sulcos foram fechados.

Para aplicação foliar foi utilizada a dose de 1 litro por hectare que corresponde a 333.333 células por planta. A pulverização foi realizada aos 10 dias após a emergência (DAE) com volume de calda de 165 L ha⁻¹. Utilizou-se um pulverizador costal com ponta tipo cônico. A pulverização foi realizada no final da tarde visando evitar perdas por evaporação.

Foram semeadas 10 sementes por vaso e após a estabilização do estande foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso.

Aos 15 DAE foi realizada a adubação com 150 mg dm⁻³ de K (Cloreto de Potássio) e 300 mg dm⁻³ de P (Superfosfato Simples). As fontes de fertilizantes foram diluídas em água e então aplicadas nos vasos. Como rega, foram aplicados diariamente 180 ml de água por vaso. Os tratos fitossanitários foram realizados de acordo com recomendação para a cultura.

2.4. Variáveis avaliadas

Após a semeadura, foram realizadas diariamente a contagem de plântulas emergidas em cada vaso e, a partir dos dados obtidos foram estimados seguintes parâmetros:

- Emergência de plântulas (%): Obtida por contagem das plântulas emergidas após a estabilização do estande.
- Índice de velocidade de emergência (IVE): obtido registrando-se diariamente o número de plântulas emergidas, até a estabilização da emergência, e este foi calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962): $IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$, onde E_1, E_2, \dots, E_n = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem. N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.
- Tempo médio de emergência (TME): registrando-se diariamente o número de plântulas emergidas, até a estabilização da emergência, e este foi calculado pela fórmula proposta por Labouriau (1983): $TME = (N_1G_1 + N_2G_2 + \dots + N_nG_n) / (G_1 + G_2 + \dots + G_n)$, onde G_1, G_2, \dots, G_n : número de plântulas emergidas no dia da observação, e N_1, N_2, \dots, N_n : número de dias contados desde o dia da semeadura, até o dia da observação.

Ao final do experimento, aos 60 dias após a semeadura, foram realizadas as seguintes avaliações:

- Diâmetro de colmo principal (mm): obtido com paquímetro digital no primeiro entre nó.
- Altura de planta (cm): foi definido como sendo a distância do nível do solo até o ápice do dossel da planta.
- Número total de folhas expandidas por planta: obtido por contagem das folhas totalmente expandidas.
- Número de afilhos: obtidos por contagem do número total de afilhos.

As plantas foram seccionadas em folhas, colmos, espiga e sistema radicular e, então levadas a estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 65°C por 72 horas para obtenção da:

- Massa de matéria seca do sistema radicular (g/planta).
- Massa de matéria seca de colmos (g/planta).
- Massa de matéria seca de folhas (g/planta).
- Massa de matéria seca de espigas (g/planta).
- Massa de matéria seca da parte aérea (g/planta).
- Massa de matéria seca total (g/planta).
- Volume do sistema radicular (cm³/planta): as raízes foram lavadas e imersas em uma proveta com volume de água conhecido, sendo o volume de água deslocado, o volume do sistema radicular.

- Área foliar (dm²/planta): foi definida pelo método dos discos foliares, utilizando-se um vazador com área conhecida. Foram destacados discos foliares das porções basal, mediana e apical do limbo foliar. Através da área conhecida dos discos foliares destacados, do peso dos mesmos e do peso da folha, tomados através de uma balança analítica, após secagem em estufa de ventilação forçada, por 72 horas à 65°C, foi estimada a área foliar total.

- Razão parte aérea/raiz (g⁻¹ g⁻¹): obtida pela divisão da massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) pela massa de matéria seca da raiz (MSR), conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Razão parte aérea/raiz} = \frac{\text{MSPA}}{\text{MSR}}$$

- Densidade do sistema radicular (g cm⁻³): obtida pela divisão da massa seca do sistema radicular (MSR) pelo volume do sistema radicular (VOL), conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Densidade do sistema radicular} = \frac{\text{MSR}}{\text{VOL}}$$

- Razão de área foliar (dm² g⁻¹): expressa a área foliar útil para fotossíntese (BENINCASA, 2003) e foi obtida a partir dos valores instantâneos de

área foliar (AF), área responsável pela interceptação de energia luminosa e CO₂, e massa seca total (MST), resultado da fotossíntese, segundo a equação:

$$\text{Razão de área foliar} = \frac{AF}{MST}$$

- Área foliar específica (dm² g⁻¹): reflete o inverso da espessura da folha (BENINCASA, 2003) e foi obtido pela razão entre a área foliar (AF) e a massa seca de folhas (MSF):

$$\text{Área foliar específica} = \frac{AF}{MSF}$$

- Razão de massa foliar (g⁻¹ g⁻¹): expressa a matéria seca translocada da folha para outros órgãos do vegetal, por meio da relação entre massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST) da planta (BENINCASA, 2003), como a seguir:

$$\text{Razão de massa foliar} = \frac{MSF}{MST}$$

2.5. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos as análises de normalidade e homocedasticidade e então transformados em \sqrt{x} . Após, os dados foram submetidos a análise de variância e utilizou-se o teste t (LSD) para comparação das médias relativas aos modos de aplicação e teste F para comparação de médias entre as variedades.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Houve interação entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e os cultivares de triticale utilizado e para porcentagem de emergência de plântulas, tempo médio de emergência e índice de velocidade de emergência (Figura 1).

A aplicação de *Azospirillum brasilense* no sulco para o cultivar IPR Aimoré resultou em menor porcentagem de emergência de plântulas entre os modos de

aplicação, diferentemente da cultivar BRS Harmonia que não apresentou diferença entre os modos de aplicação (Figura 1a).

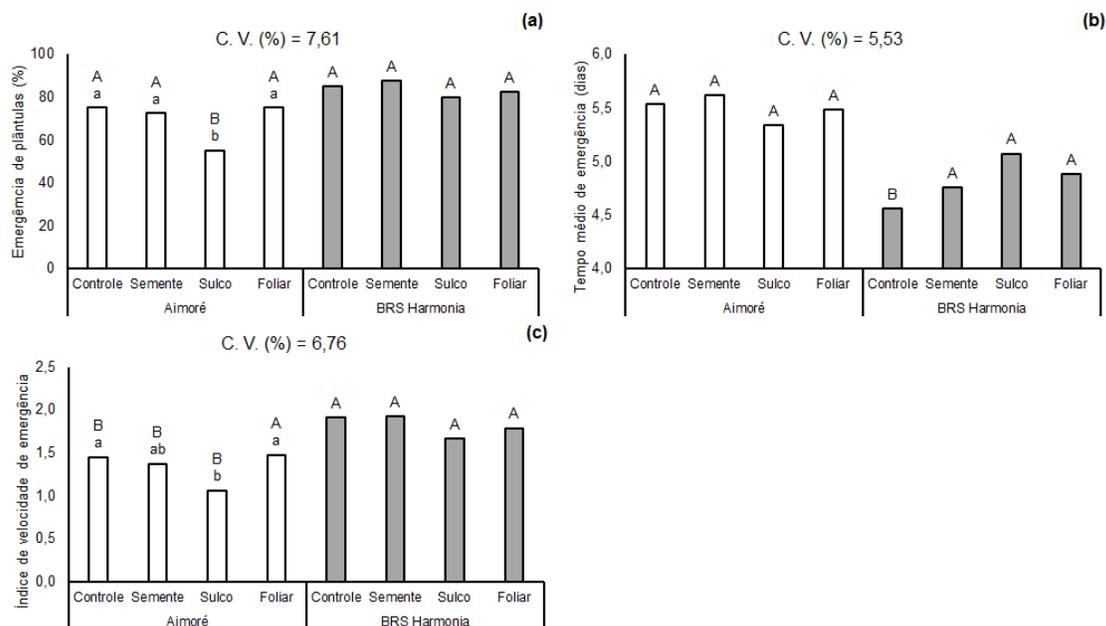


Figura 1. Emergência de plântulas (a), tempo médio de emergência – TME (b) e índice de velocidade de emergência – IVE (c) dos cultivares de triticales IPR Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticales ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Já para o tempo médio de emergência, o tratamento controle do cultivar BRS Harmonia apresentou o menor tempo de emergência, diferentemente dos outros modos de aplicação de *Azospirillum basiliense*, porem para a cultivar Aimoré não verificou-se diferença entre os modos de aplicação (Figura 1b).

Quanto ao índice de velocidade de emergência, no cultivar IPR Aimoré o tratamento que recebeu aplicação no sulco apresentou o menor índice, seguido da aplicação de semente, sendo a aplicação foliar apresentou o maior índice, seguido do controle e aplicação na semente, mas no cultivar BRS Harmonia não foi verificado efeito entre os modos de aplicação.

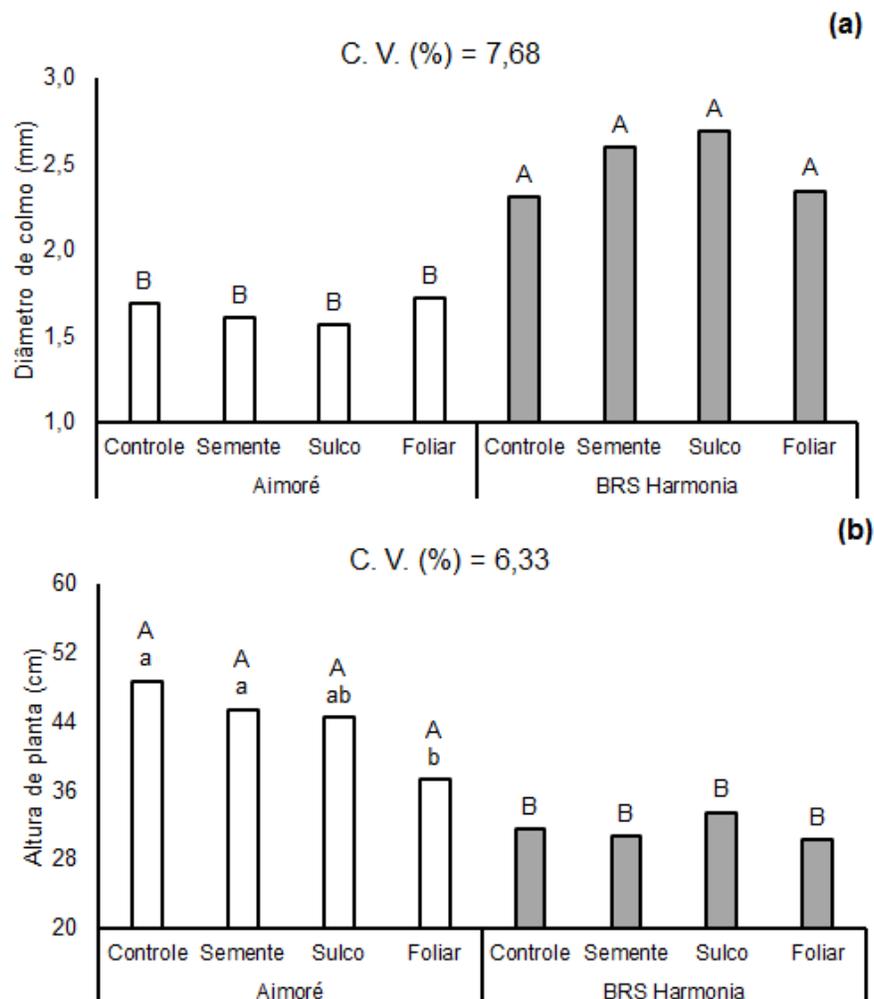


Figura 2. Diâmetro de colmo (a) e altura de planta (b) dos cultivares de triticale IPR Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticale ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Para o diâmetro de colmo e altura de planta, também houve interação entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e os cultivares de triticale. Não houve diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* nos dois cultivares. Porém, entre os cultivares, o BRS Harmonia apresentou resultados superiores aos resultados verificados no cultivar IPR Aimoré (Figura 2a).

Para altura de planta, no cultivar IPR Aimoré os tratamentos controle e aplicação via semente resultaram em maior altura de planta quando comparados a

aplicação foliar (Figura 2b). Não houve diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* no cultivar BRS Harmonia (Figura 2b). O cultivar IPR Aimoré apresentou altura de planta superior ao BRS Harmonia (Figura 2b). A diferença existente entre os cultivares para o diâmetro de colmo e altura de planta é atribuída a fatores genéticos.

Não houve interação entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e os cultivares de tritcale para o número de folhas expandidas e número de afilhos por planta (Figura 3).

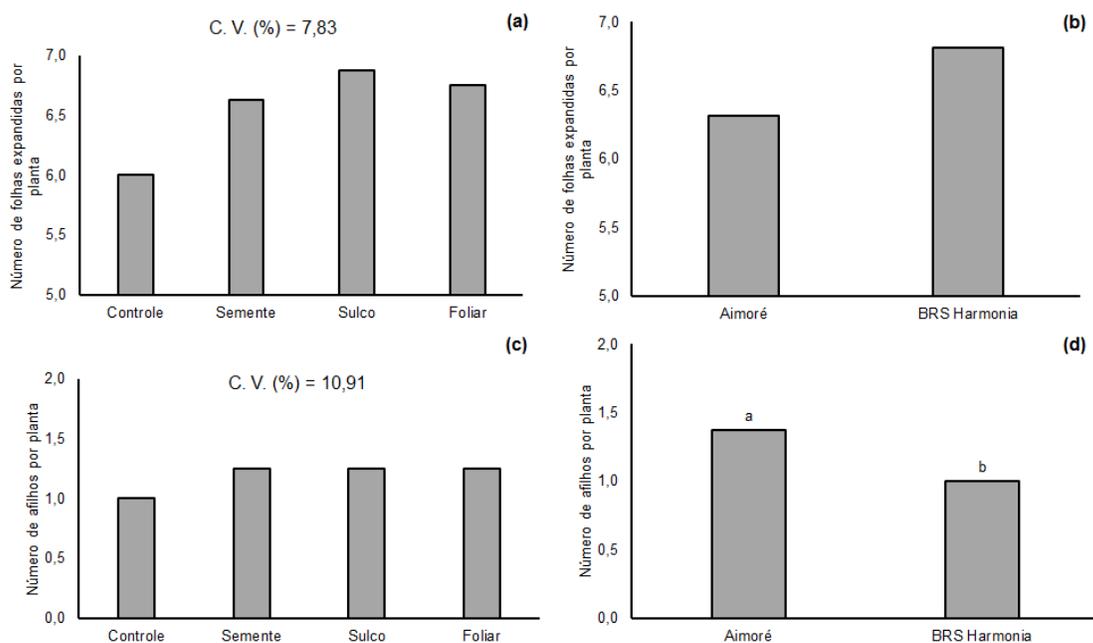


Figura 3. Número total de folhas expandidas por planta (a e b) e número de afilhos por planta (c e d) dos cultivares de tritcale IPR Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Não verificou-se diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* para o número de folhas expandidas (Figura 3a) e número de afilhos por planta (Figura 3c).

Também não verificou-se diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* para o número de folhas expandidas por planta (Figura 3b)

Verificou-se maior número de afilhos no cultivar IPR Aimoré quando comparado ao cultivar BRS Harmonia (Figura 3d).

Houve interação entre os cultivares de triticales utilizados e os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* para massa seca de colmo, massa seca de folhas, massa seca de espiga, razão parte aérea/raiz (Figura 4).

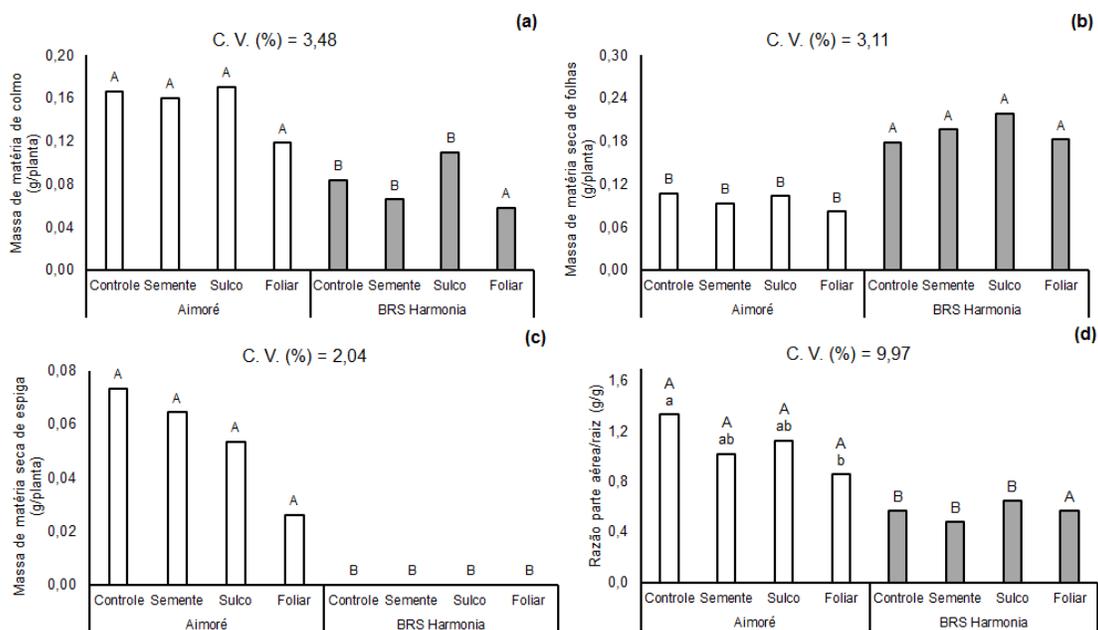


Figura 4. Massa de matéria seca de colmo (a), massa de matéria seca de folhas (b), massa de matéria seca de espiga (c) e razão parte aérea/raiz (d) dos cultivares de triticales IPR Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticales ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a massa seca de colmos não foi verificada diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* (Figura 4a). Foi verificada diferença entre os cultivares de triticales nos tratamentos controle, aplicação via semente e aplicação via sulco, sendo que o cultivar IPR Aimoré apresentou a maior média de massa seca do colmo (Figura 4a). Não foi verificada diferença entre os cultivares com a aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* (Figura 4a).

Não houve diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* para a massa seca de folhas (Figura 4b). Por outro lado, houve diferença entre os cultivares, sendo verificada maior média de massa seca de folhas para o BRS Harmonia quando comparada ao cultivar IPR Aimoré (Figura 4b). Estes resultados são contrários aos observados por Rodrigues et al. (2014) na cultura do trigo, que observou que a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* promoveu maior massa seca de folhas para nas plantas de trigo.

Para a massa seca de espigas foi verificada diferença apenas entre os cultivares, sendo que o cultivar IPR Aimoré apresentou maior massa seca de espigas em relação ao cultivar BRS Harmonia (Figura 4c). Esta diferença entre os cultivares se deve ao ciclo de cada uma. O cultivar IPR Aimoré é mais precoce que o cultivar BRS Harmonia, e devido a isto, apenas este cultivar emitiu espiga, diferindo do outro cultivar.

Não houve diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* no cultivar BRS Harmonia para a razão parte aérea raiz (Figura 4d). Entretanto, para o cultivar IPR Aimoré, verificou-se que o tratamento controle apresentou média superior a aplicação via foliar (Figura 4d). Para o tratamento controle, aplicação via semente e aplicação via sulco verificou-se que o cultivar IPR Aimoré apresentou maior média em relação ao cultivar BRS Harmonia (Figura 4d). Não houve diferença entre os cultivares para a aplicação via foliar (Figura 4d).

Para a massa seca de parte aérea, a aplicação de *Azospirillum brasilense* via sulco resultou em maior média quando comparado a aplicação via foliar (Figura 5a). Não houve diferença entre os cultivares para a massa seca da parte aérea (Figura 5b).

Não houve diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e entre os cultivares para a massa seca total de planta de triticales (Figura 5c e 5d).

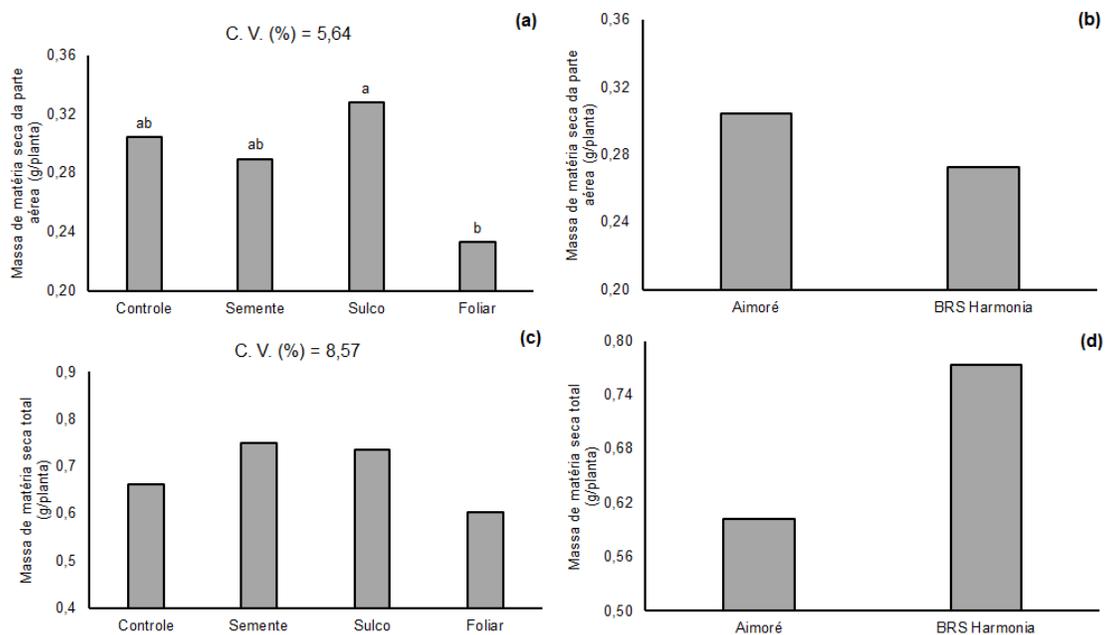


Figura 5. Massa de matéria seca da parte aérea (a e b) e massa de matéria seca total (c e d) dos cultivares de triticale IPR Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

Houve interação entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e os cultivares de triticale para o volume do sistema radicular (Figura 6a) e para a massa seca do sistema radicular (Figura 6b).

Para o volume do sistema radicular não foi verificada diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* (Figura 6a). Entretanto, foi verificada diferença entre os cultivares de triticale, sendo que o cultivar IPR Aimoré apresentou as maiores médias em relação ao cultivar BRS Harmonia (Figura 6a).

Também não foi verificada diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* para a massa seca do sistema radicular (Figura 6b). Foi verificada diferença entre os cultivares para a massa seca do sistema radicular apenas na aplicação de *Azospirillum brasilense* via semente (Figura 6b). Para o tratamento controle, a aplicação via sulco e a aplicação via foliar não foi verificada diferença entre os cultivares (Figura 6b).

Não houve diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e entre os cultivares para a densidade do sistema radicular de plantas de triticale (Figura 6c e 6d).

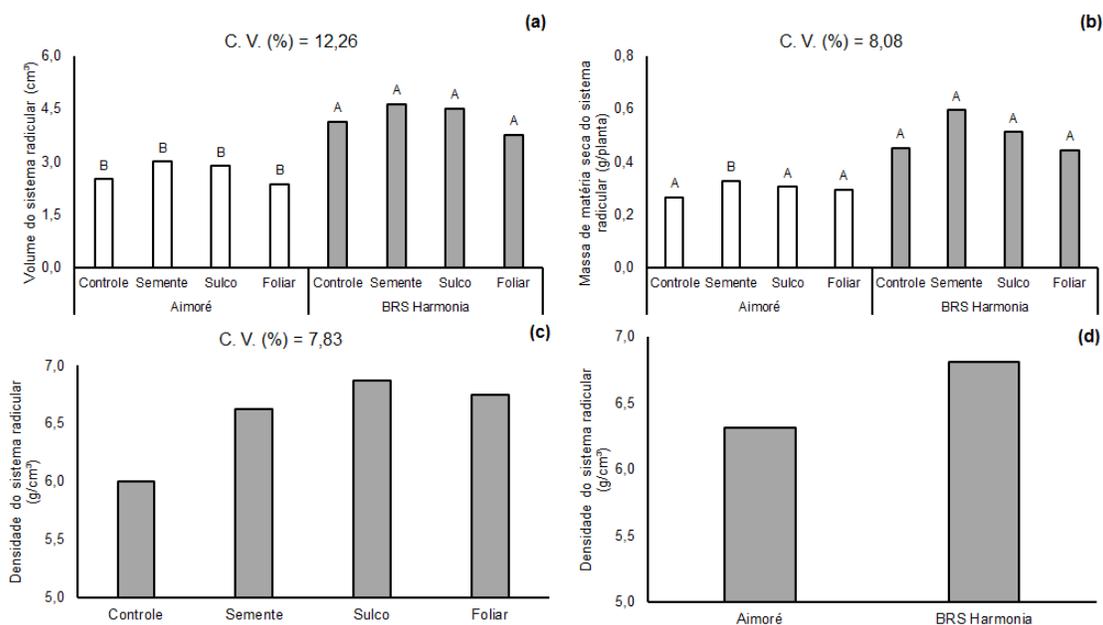


Figura 6. Volume do sistema radicular (a), massa de matéria seca do sistema radicular (b) e densidade do sistema radicular (c e d) dos cultivares de triticale IPR Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticale ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Houve interação entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e os cultivares de triticale para a área foliar (Figura 7a), razão de massa foliar (Figura 7b), área foliar específica (figura 7c) e razão de área foliar (Figura 7d).

Para a variável de área foliar (Figura 7a), razão de massa foliar (Figura 7b) e razão de área foliar (Figura 7d) não foram verificadas diferenças entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Porém, verificou-se que em todas estas variáveis o cultivar IPR Aimoré apresentou médias superiores ao cultivar BRS Harmonia em todos os tratamentos (Figuras 7a, 7b e 7d).

Para a área foliar específica (Figura 7c), houve diferença entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*, sendo que as aplicações via semente e via foliar apresentarem médias superiores ao tratamento controle para o cultivar

IPR Aimoré (Figura 7c). Não houve diferença na área foliar específica entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* para o cultivar BRS Harmonia (Figura 7c). Também não foi verificado diferença entre os cultivares para a área foliar específica (Figura 7c).

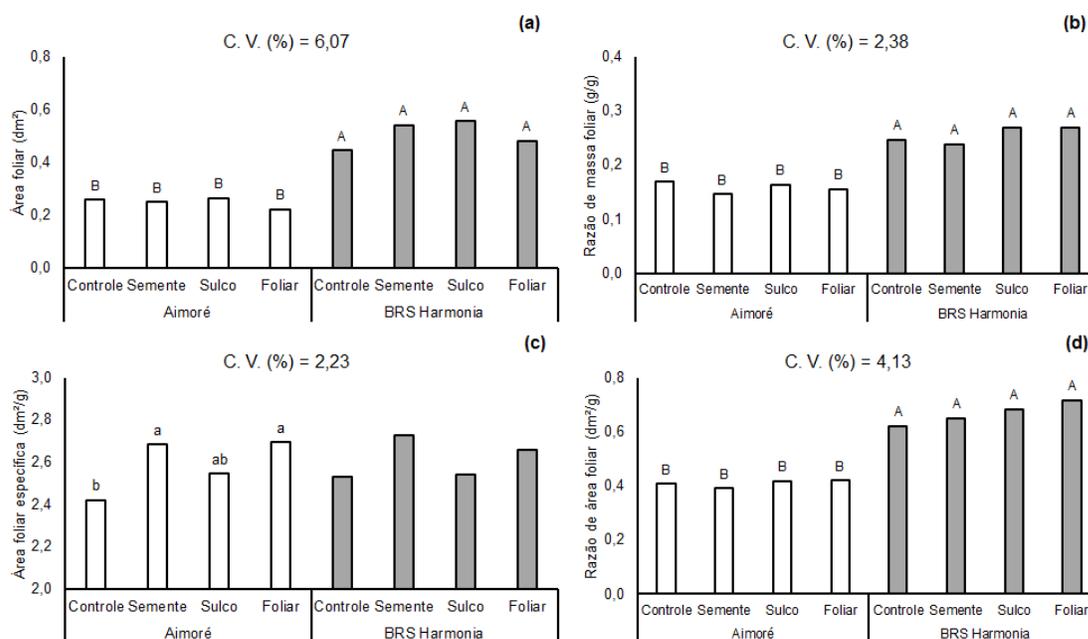


Figura 7. Área foliar (a), razão de massa foliar (b), área foliar específica (c) e razão de área foliar (d) dos cultivares de triticale IPR Aimoré e BRS Harmonia com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os cultivares de triticale ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

A aplicação de *Azospirillum brasilense*, de forma geral, não resultou em alterações no crescimento inicial do triticale independente da forma de aplicação do mesmo. Resultados com a aplicação de *Azospirillum brasilense* na cultura do triticale ainda são escassos. Porém, alguns resultados encontrados na literatura com outras gramíneas destacam que para a obtenção de resultados positivo é necessário a associação de *Azospirillum* com a adubação nitrogenada, de modo que somente a bactéria não irá responder de forma positiva (ARAÚJO et al., 2013; HUNGRIA et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2010). Alguns trabalhos destacam que

o *Azospirillum* produz alguns fitohormônios que contribuem para o crescimento das plantas, entretanto, somente os fitohormônios não são suficientes para que ocorram respostas na planta inoculada.

De forma geral, verificou-se que os cultivares apresentaram resultados variáveis em relação a aplicação de *Azospirillum brasilense*. De acordo com Hungria (2011) um fator chave para o sucesso da inoculação com *Azospirillum brasilense* é a seleção de estirpes, mesmo que ainda não tenha sido claramente explicado a especificidade entre as plantas e as bactérias. Existem na literatura resultados que indicam a existência de alguma forma afinidade das bactérias com determinadas espécies e até mesmo cultivares (GUIMARÃES et al., 2013; MARINI, 2012; DOTTO et al., 2010; REIS JUNIOR et al., 2008).

4. CONCLUSÕES

A aplicação de *Azospirillum brasilense* via sulco pode reduzir a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência de plântulas de triticales, dependendo do genótipo.

Os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* não resultaram de forma geral em alterações no crescimento inicial do triticales.

A resposta das plantas a aplicação de *Azospirillum brasilense* é variável, dependendo basicamente do genótipo de triticales utilizado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E. O.; MERCANTE, F.M.; VITORINO, A. C. T.; NUMES, D. P.; PAIM, L. R.; MENDES, D. A. E. Produtividade do milho em resposta a aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO,

2013, Florianópolis-SC. **Resumos...** Florianópolis-SC: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013, p. 1- 5.

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

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BORTOLINI, P.C. et al. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Guarapuava, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

CICILIATO, A. L.; CASIMIRO, E. L. N. Inoculante *Azospirillum brasilense* via foliar associado a diferentes fertilizantes foliares na cultura do milho. **Revista cultivando o saber**, Cascavel, Edição especial, p. 1-10, 2015.

CARVALHO, A. et al. Identification of the spontaneous 7BS/7RL intergenomic translocation in one F1 multigenic hybrid from the Triticeae tribe. **Plant Breeding**, Berlin, v. 128, n. 1, p. 105-108, 2009.

DOTTO, A. P.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.3, p.376-382, 2010.

ELMERICH. C.; NEWTON, W. E. **Associative and endoplrytic nitrogen-fíxing bactéria and cyauobacterial associatiuous**. Dordrecht: Springer, 2007. 321 p. (Nitrogen Fixation: Origins, Applications, and Research Progress, v. 5).

FAGUNDES, M. H. **Sementes de triticale**. 2003. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/0c55e5ed946b39d3859bd30cd75e8fa1..pdf> > Acesso em: 17 nov. 2016.

GUIMARÃES, S. L.; CAMPOS, D. T. S.; BALDANI, V. L. D.; JACOB-NETO, J. Bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada em cultivares de arroz. **Revista Caatinga**, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 32-39, 2010.

GUIMARÃES, S. L.; MOREIRA, J C. F.; SILVA, E M. B.; POLIZEL, A. C.; SABINO, D C. C. Características produtivas de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum* ssp. Cultivados em latossolo de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.16; p. 558- 567, 2013.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum* brasilense: inovação em rendimento a baixo custo**, Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 37p. (EMBRAPA SOJA. Documentos, 325).

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 and Soil**, Londrina, v.331, p.413-425, 2010.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983. 174p.

MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**. Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARINI, D. **Resposta de híbridos de milho á associação com *Azospirillum* brasilense e adubação nitrogenada**. 2012. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Marechal Cândido Rondon, 2012.

MORI, C.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MIRANDA, M. Z. de. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura de triticale no mundo e no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014.

MULLER, T. M.; BAZZANEZI, A. N.; VIDAL, V.; TUROK, J. D. N.; RODRIGUES, J. D.; SANDINI, I. E. Inoculação de *Azospirillum brasilense* no Tratamento de Sementes e Sulco de Semeadura na Cultura do Milho. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Aguas de Lindoia-SP. **Resumos...** Aguas de Lindoia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012, p. 1665-1671.

NASCIMENTO JUNIOR, A. **Oferta de milho no mercado interno reduz safra de triticale.** 2009. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/artigo/oferta-de-milho-no-mercado-interno-reduz-safra-de-triticale>> Acesso em: 20 out. 2016.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

REIS JUNIOR, 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**, Campinas, v. 32, n.3, p. 1139-1146, 2008.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. DOS S.; DONZELI, V. P.; FREITAS, J. G.; GALLO, P. B.; SILVEIRA, A. P. D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, v.29, p.345-352, 2005.