

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

**MODOS DE APLICAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*
NO CRESCIMENTO INICIAL DO SORGO GRANÍFERO**

Acadêmico: Nelson Nunes Leal Filho

Cassilândia-MS

Junho/2016

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

**MODOS DE APLICAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*
NO CRESCIMENTO INICIAL DO SORGO GRANÍFERO**

Acadêmico: Nelson Nunes Leal Filho

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

Junho de 2016

EPIGRAFE

Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista.

Aldo Novak

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, por tudo que aconteceu e vem acontecendo em minha vida, muitos altos e baixos, mas nunca deixando de acreditar que daria certo. A minha família, esposa Mayra, meu filho Guilherme Henrique.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, avós, minha mãe Silvia e meu padrasto Paulo, ao meu Pai Nelson e minha madrasta Neuza, meus irmãos Leonardo, Eduardo, Mariana, Helena e Beatriz, que mesmo longe tenho certeza que nunca deixaram de torcer por mim. Não poderia deixar de agradecer a família da minha esposa, ao meu sogro José Carlos e sogra Olegária, que me acolheram como mais um filho deles e meu cunhado Alessandro como um irmão. Agradeço ao professor Tiago, ao André, pois sem eles não conseguiria concluir esse trabalho. Existe muitas pessoas as quais deveria agradecer por esses cinco anos de universidade, pessoas das quais as levo para o resto da vida. Amigos de republica como meu primo e compadre Claudio Jr, em memória do meu grande amigo Juliander Viegas que tenho certeza que está olhando por nós e torcendo ai de cima, ao Marcelo (Didi), Flavio (Madruga), Rodolpho (Tiquira). A todos os amigos da X TURMA, aos irmãos de outra mãe Elson, Lucas Silva, Álvaro, Jose Luiz. A dona Ana e seu marido Euzebio, seus filhos Paulo Otavio, Igor e afilhado Warderson, que me acolheram em seu lar me proporcionando assim mais uma família. Agradecer pelos amigos que fiz na cidade de Cassilândia, muitos por causa do futebol.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	2
2.1. Localização e caracterização experimental	2
2.2. Instalação e Condução do Experimento	3
2.3. Variáveis avaliadas	4
2.4. Análises estatísticas	6
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	6
4. CONCLUSÕES	15
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 (b) e Índice de velocidade de emergência – IVE (c) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*..... 7
- Figura 2.** Índice relativo de clorofila -IRC (a), Altura de planta (b) e Diâmetro de colmo (c) nos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*..... 9
- Figura 3.** Massa seca de folhas (a e b), Massa seca de colmo (c e d) e Massa seca da parte aérea (e e f) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. 10
- Figura 4.** Número total de folhas expandidas por planta (a e b), Área foliar (c e d) e Área foliar específica - AFE (e e f) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*..... 11
- Figura 5.** Volume do sistema radicular (a e b), Massa de matéria seca do sistema radicular (c) e Densidade do sistema radicular (d) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*. 12
- Figura 6.** Massa seca total (a) e Razão parte aérea/raiz (b) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*..... 13
- Figura 7.** Massa de matéria seca da parte aérea (a e b) e massa de matéria seca total (c e d) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*..... 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 sorgo. 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 Maio 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 *A. brasilense* (sem aplicação, aplicação na semente, aplicação no sulco de semeadura e aplicação via foliar sendo realizada aos 10 dias após a emergência). O segundo fator foi composto por dois híbridos de sorgo (DOW 1G282 e AG1090). 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 híbridos. A aplicação de *A. brasilense* via semente resulta em menor porcentagem de emergência de plântulas do híbrido 1G282. A aplicação de *A. brasilense* via sulco resultou em menor porcentagem e tempo médio de emergência de plântulas do híbrido AG 1090. A aplicação de *A. brasilense* via foliar resultou em aumento do teor de clorofila na folha do híbrido AG 1090, entretanto, não alterou a massa de matéria seca da parte aérea da planta. A aplicação de *A. brasilense* via semente resultou em maior massa de matéria seca do sistema radicular do híbrido AG 1090. A resposta das plantas a aplicação de *A. brasilense* é variável, dependendo do genótipo de sorgo utilizado.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, nitrogênio, fixação biológica, inoculação, aplicação foliar

ABSTRACT

This work was to evaluate the influence of *Azospirillum brasilense* application modes in the early growth of corn. The experiment was conducted under protected cultivation in the Agronomic Experimental Station of the State University of Mato Grosso do Sul (UEMS) in Cassilândia-MS, from April to May 2016. For the experiment was adopted a randomized block design with four replications in a 4x2. The first factor consisted of four *Azospirillum brasilense* application methods (without application, application in the seed furrow application of sowing and foliar application being performed at 10 days after emergence). The second factor was composed of two sorghum hybrids (DOW 1G282 and AG1090). They were seeded 10 seeds per pot and after stabilization of the stand was carried out thinning leaving only one plant per pot. Data were subjected to analysis of variance and used the t test (LSD) to compare the averages for the application modes and F test to compare means between hybrids. The application of *Azospirillum brasilense* via seed results in a lower percentage of emergency hybrid 1G282 seedlings. The application of *Azospirillum brasilense* via groove resulted in a lower percentage and mean emergence time of the hybrid seedlings AG 1090. The application of *Azospirillum brasilense* foliar resulted in increased chlorophyll content in the leaf hybrid AG 1090, however, did not change the mass dry matter of the aerial part of the plant. The application of *Azospirillum brasilense* via seed resulted in higher dry matter of the root system hybrid AG 1090. The plant response *Azospirillum brasilense* of the application varies depending on sorghum genotype used.

Keu-words: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, nitrogen, biological fixation, inoculation, foliar application

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) apresenta-se atualmente como uma cultura importante em sistemas de rotação de culturas e para produção de biomassa em sistemas de plantio direto, devido ao seu sistema radicular volumoso, capaz de ciclar nutrientes e descompactar o solo (LANDAU; GUIMARÃES, 2012). Também pode ser explorado devido ao alto potencial de produção de grãos e matéria seca, além da capacidade de suportar estresses ambientais (EMBRAPA, 2012). No Brasil, o sorgo é utilizado principalmente em alimentação animal, na forma de ração, devido ao alto valor nutritivo, sendo uma alternativa ao milho, possibilitando a redução de custos na produção (RODRIGUES, 2010).

O sorgo é uma planta rústica, entretanto, muito responsiva a aplicação de nutrientes, principalmente quando deseja-se obter elevadas produtividades, sendo a adubação nitrogenada a mais importante, pois o nitrogênio (N) é o maior limitante para altas produtividades, sendo o nutriente mais extraído do solo pela planta (FERNANDES et al., 2008). No Brasil, os produtores de sorgo costumam ter grandes gastos com fertilizantes nitrogenados todos os anos (BERGAMASCHI et al., 2007), em busca de aumento em produtividade. Em geral, as plantas são beneficiadas quando o N é aplicado em forma de fertilizante, porém, além de gerar impactos negativos ao meio ambiente, quando utilizado de forma inadequada, isto resulta em elevado custo de produção. Visando reduzir os custos de produção, as pesquisas com fixação biológica de N, principalmente com a bactéria *Azospirillum* têm sido cada vez mais importantes (SAIKIA; JAIN, 2007).

De acordo com Bergamaschi et al. (2007), há uma ocorrência natural de bactérias diazotróficas no solo, como o *A. brasilense*, estas realizam conversão enzimática de N_2 em NH_4 , podendo ser absorvido pelas plantas, reduzindo a necessidade de adubação nitrogenada.

Alguns estudos demonstram que o genótipo influencia na população, na composição microbiana do solo e na sua atividade, devido a exsudação de compostos pelas raízes. Boddey et al. (1991) comprovaram que uma mesma

bactéria pode agir com intensidades diferentes na enzima nitrogenase, quando inoculada em diferentes genótipos de cana-de-açúcar.

O mecanismo de fixação de N₂ pelo *Azospirillum* é de forma geral, por associação, onde a fonte de energia são os exsudatos das raízes das plantas hospedeiras, estimando-se que estas agregam aproximadamente de 40 a 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, dependendo do genótipo do hospedeiro, da estirpe da bactéria, e de fatores abióticos (MARSCHNER, 1995). Porém, a forma de ação das bactérias *Azospirillum brasiliense*, ainda não foi totalmente compreendida (REPKE et al., 2013). No processo de inoculação, o número de bactérias viáveis é fundamental para a eficiência do processo, sendo esta uma das maiores dificuldades encontradas, havendo a necessidade de que sejam desenvolvidos estudos com o objetivo de encontrar a melhor forma de aplicação da bactéria.

Desta forma o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características agronômicas de diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasiliense* no crescimento inicial da cultura do sorgo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização experimental

O experimento foi conduzido sob cultivo protegido na estação experimental Agronômica da Universidade estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia-MS (longitude 51°48` O, latitude 19°05` S e altitude média de 470 m, no período de Abril a Maio de 2016.

Cada unidade experimental foi composta por um vaso com volume de 5,0 dm³ preenchidos com solo coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade. O solo utilizado é classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006) de textura arenosa (95 g kg⁻¹ de argila, 50 g kg⁻¹ de silte e 855 g kg⁻¹ de areia).

Antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solo de 0 – 20 cm de profundidade, que foram enviadas para o Laboratório de Fertilidade

do Solo, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) para a realização das análises químicas, seguindo metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os resultados da análise química do solo são apresentados na Tabela 1.

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
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
%						mg dm ⁻³					
0,0		0,08		0,60		8,00		5,70			0,30

2.2. Instalação e Condução do Experimento

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). O segundo fator foi composto por dois híbridos de sorgo granífero (DOW 1G282 e AG1090).

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 100 ml 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 nas unidades experimentais. Como irrigação, foram aplicados diariamente 180 mL de água por vaso. Os tratos fitossanitários foram realizados de acordo com a recomendação para a cultura.

2.3. Variáveis avaliadas

Após a semeadura foram realizadas as seguintes avaliações:

- 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 Edmond e Drapala (1958): $TME = (N_1G_1 + N_2G_2 + \dots + N_nG_n) / (G_1 + G_2 + \dots + G_n)$, 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 53 dias após a semeadura, foram realizadas as seguintes avaliações:

- Diâmetro de colmo (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.

- Índice relativo de clorofila: obtido com medidor portátil SPAD. Foram realizadas quatro leituras em cada planta.

- Massa de matéria seca (g/planta): definida como a sua massa, expresso em gramas para cada órgão em separado, isto é, de raízes (MSR), colmos (MSC) e lâminas foliares (MSF). A massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) correspondeu à massa seca das lâminas foliares somada à massa seca dos colmos. A massa de matéria seca total (MST) correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes.

- 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, da massa dos mesmos e da massa da lamina foliar, 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 ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$): 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 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:

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

2.4. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes preliminares para verificação da normalidade. Quando não constatada a normalidade, os dados foram transformados em raiz quadrada de x. Após, os dados foram submetidos a análise de variância com auxílio do programa estatístico Sisvar 5.6 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 híbridos.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Houve interação entre os modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* e os cultivares híbridos de sorgo para a emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, índice relativo de clorofila, altura de planta, diâmetro do colmo, massa seca total, razão parte aérea/raiz, massa de matéria seca do sistema radicular, densidade do sistema radicular, razão de área foliar e razão de massa foliar.

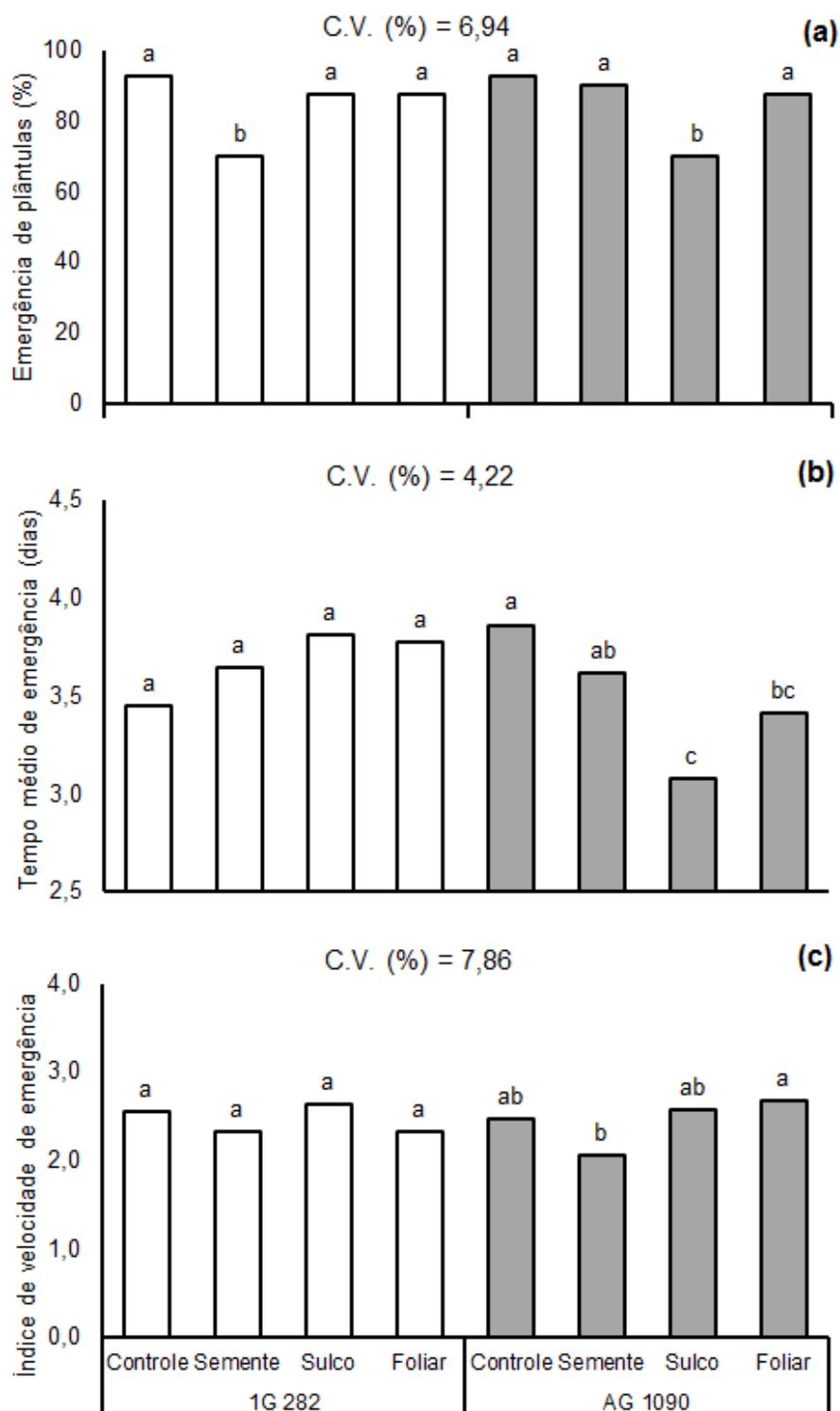


Figura 1. Emergência de plântulas (a), Tempo média de emergência (b) e Índice de velocidade de emergência – IVE (c) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*.

A aplicação de *Azospirillum brasilense* via semente resultou em menor porcentagem de emergência de plântulas de sorgo do híbrido 1G282 (Figura 1a). Por outro lado, a aplicação via sulco resultou em menor porcentagem de emergência de plântulas no híbrido AG 1090 (Figura 1a). A aplicação de *Azospirillum* via sulco também resultou em menor tempo médio de emergência quando comparado ao controle (Figura 1b). A aplicação de *Azospirillum* via semente também resultou em menor índice de velocidade de emergência (IVE) quando comparada a aplicação foliar (Figura 1c).

A redução e atraso na emergência provoca desuniformidade no estande e redução na população de plantas devido maior exposição ao ataque de pragas e patógenos, acarretando prejuízos a cultura, resultando diretamente na redução da produtividade.

A aplicação via foliar de inoculante proporcionou aumento do índice relativo de clorofila no híbrido AG 1090 (Figura 2a). Este índice está diretamente relacionado com a maior presença de N na folha.

Verificou-se aumento no diâmetro do colmo em função da aplicação de *Azospirillum* via sulco para o híbrido AG 1090 em relação ao controle, que não diferiu dos demais (Figura 2c). Maior diâmetro de colmo é uma importante característica para a capacidade produtiva das culturas, em função da capacidade da planta em armazenar fotoassimilados, que irão contribuir para o enchimento de grãos (KAPPES et al., 2011) e maior resistência ao acamamento.

Maior altura de plantas foi verificada pela aplicação de *Azospirillum* na semente para o híbrido DOW 1G282 em relação ao controle, que não diferiu dos demais (Figura 2b). Kappes et al. (2013) também observaram aumento na altura de plantas de milho com aplicação de *Azospirillum brasilense* em sementes.

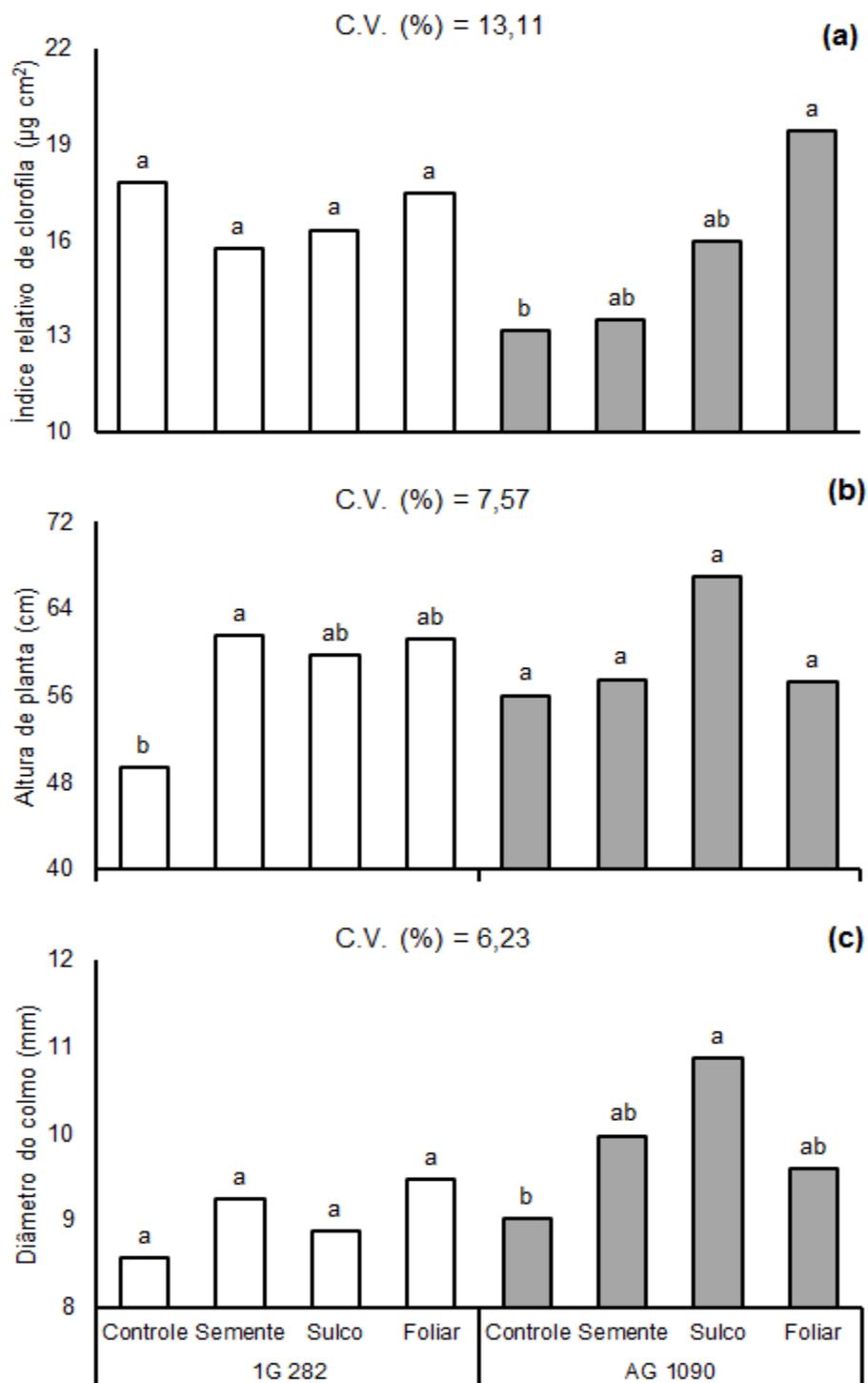


Figura 2. Índice relativo de clorofila -IRC (a), Altura de planta (b) e Diâmetro de colmo (c) nos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*.

Para massa de matéria seca das folhas, massa de matéria seca do colmo e massa de matéria seca da parte aérea (Figura 3), não foram observadas interação quanto aos modos de aplicação do *Azospirillum brasilense* e híbridos. Resultados semelhantes foram encontrados por Repke et al. (2013), Dartora et al. (2013) e Reis Junior et al. (2008).

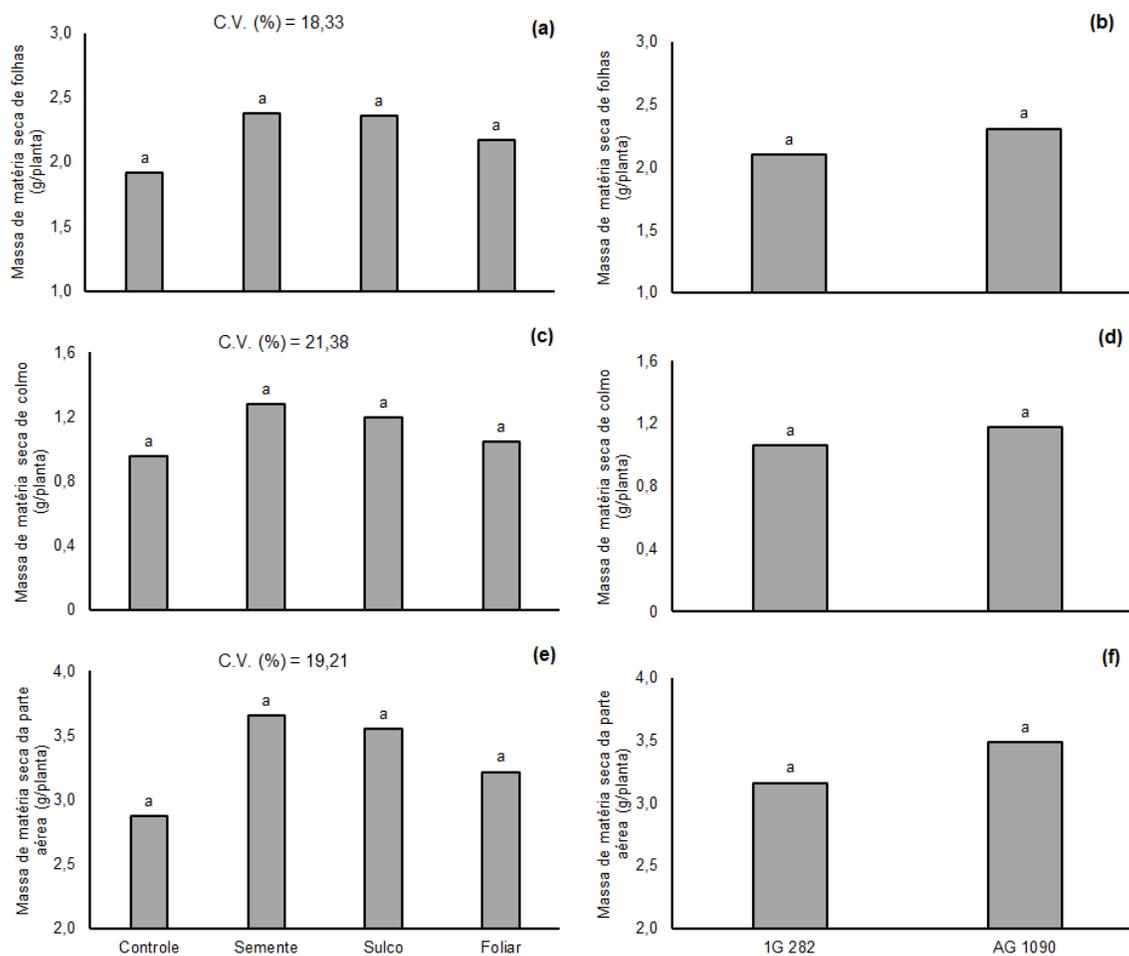


Figura 3. Massa seca de folhas (a e b), Massa seca de colmo (c e d) e Massa seca da parte aérea (e e f) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*.

Quanto ao número total de folhas expandidas (Figura 4a e 4b), área foliar (Figura 4c e 4d) e área foliar específica (Figura 4e e 4f), não foram constatados efeitos tanto para os modos de aplicação do *Azospirillum brasilense*, quanto para os híbridos testados.

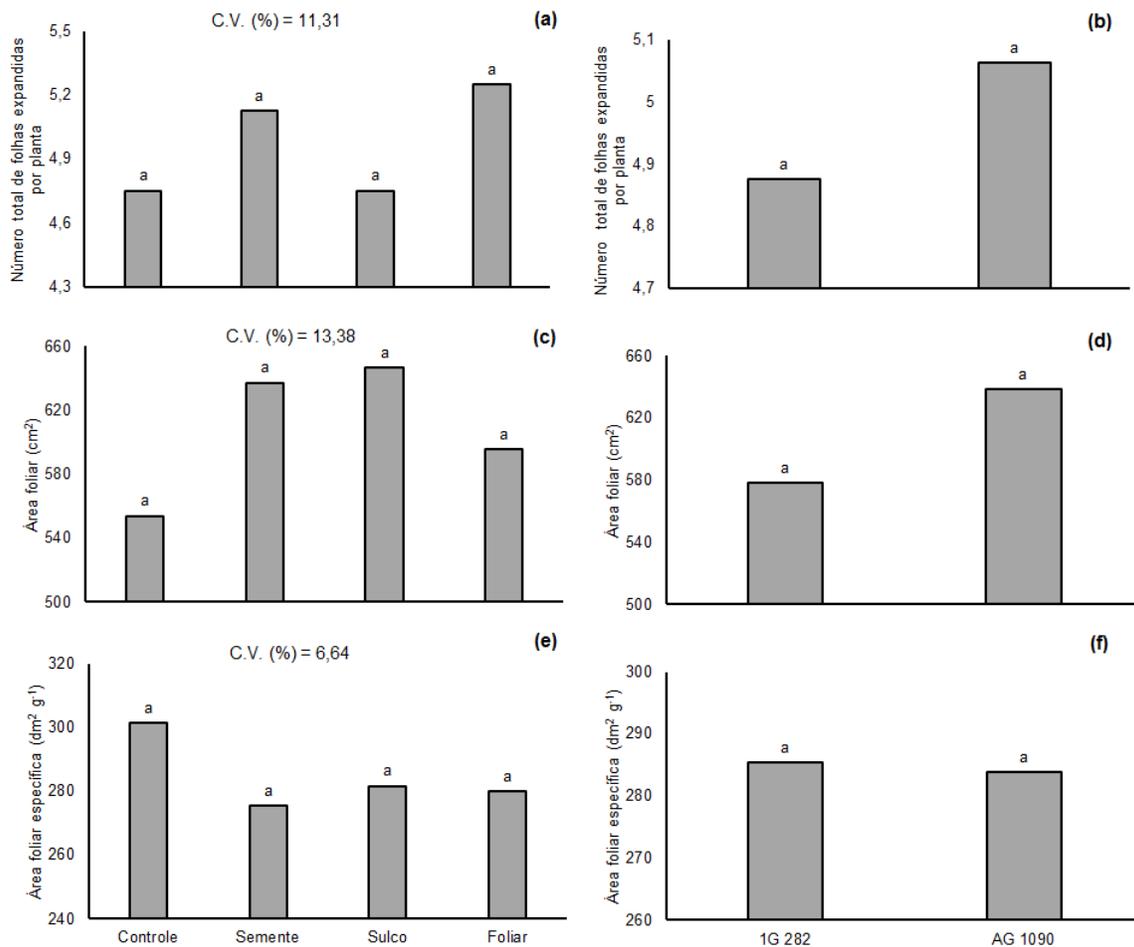


Figura 4. Número total de folhas expandidas por planta (a e b), Área foliar (c e d) e Área foliar específica - AFE (e e f) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*.

O volume do sistema radicular não foi influenciado pelos modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* (Figura 5). Porém, a aplicação de *A. brasilense* via semente promoveu acréscimo significativo na massa de matéria seca do sistema radicular do híbrido AG 1090, em relação aos demais tratamentos (Figura 5c), conseqüentemente, houve um aumento na densidade do sistema radicular (Figura 5d), devido à sua maior massa em relação ao mesmo volume.

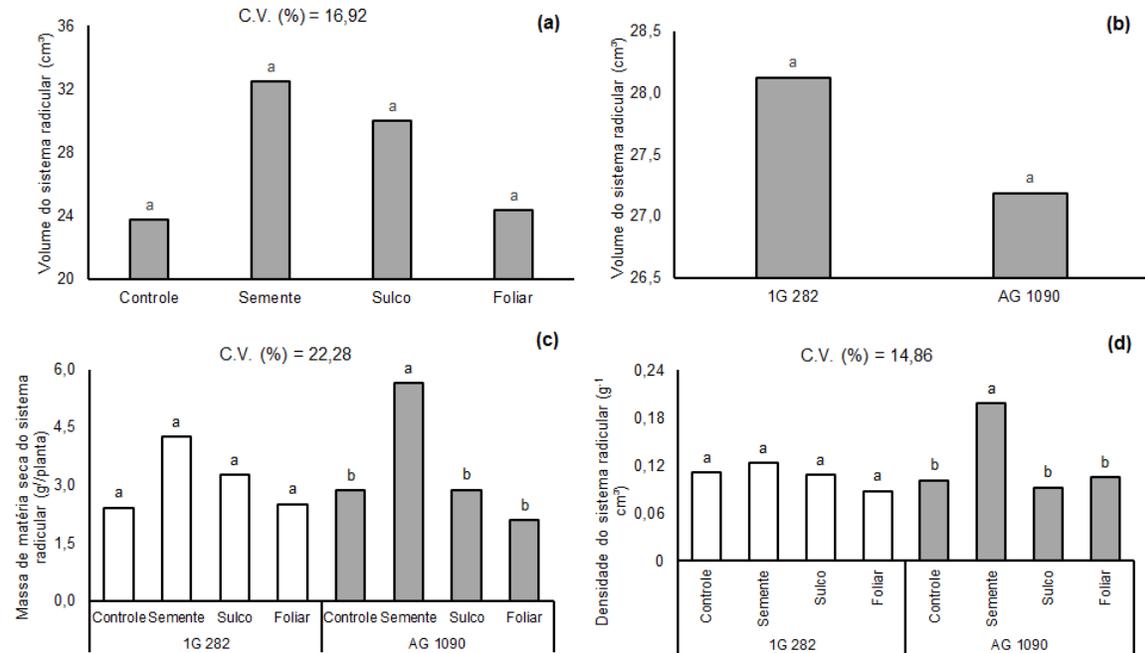


Figura 5. Volume do sistema radicular (a e b), Massa de matéria seca do sistema radicular (c) e Densidade do sistema radicular (d) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*.

Para massa seca total, foi observado incremento quando da aplicação de *Azospirillum* na semente para o híbrido AG 1090, em relação a aplicação foliar (Figura 6). Portugal et al. (2013) observaram redução da massa verde de milho quando da aplicação de *Azospirillum* via foliar, contrastando com o resultado encontrado neste trabalho.

A razão parte aérea raiz foi reduzida pela aplicação na semente em relação aos demais tratamentos, para o híbrido AG 1090 (Figura 6b), e em relação à aplicação foliar, para o híbrido DOW 1G282, que não diferiu dos demais (Figura 6b). Em relação ao híbrido AG 1090, essa redução se deve, principalmente, ao aumento da massa de matéria seca do sistema radicular com a aplicação de *Azospirillum* na semente, enquanto não houve diferença na massa de matéria seca da parte aérea entre os tratamentos.

Trabalhando com inoculação de *Azospirillum brasilense* em sementes de trigo e cevada Oliveira et al. (2004) constataram alteração na morfologia do sistema radicular, aumento da quantidade de radículas, espessura em diâmetro e promoção do aumento da raiz, além de resultar em aumento da altura das plantas.

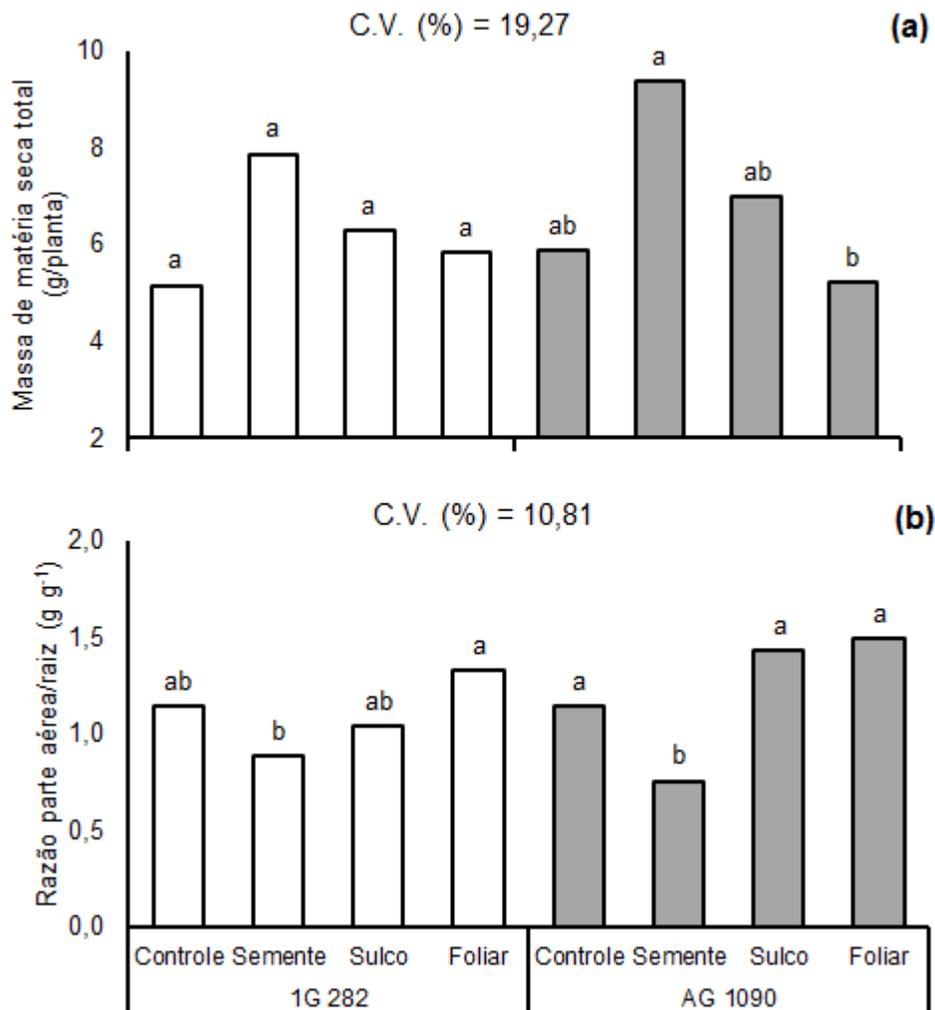


Figura 6. Massa seca total (a) e Razão parte aérea/raiz (b) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*.

A aplicação de *Azospirillum* via semente reduziu a razão da área foliar e razão de massa foliar do híbrido AG 1090 em relação aos demais modos de aplicação (Figura 7a e 7b). E para o híbrido DOW 1G282, a aplicação via foliar foi superior à aplicação via semente, não diferindo dos demais modos de aplicação (Figura 7a e 7b).

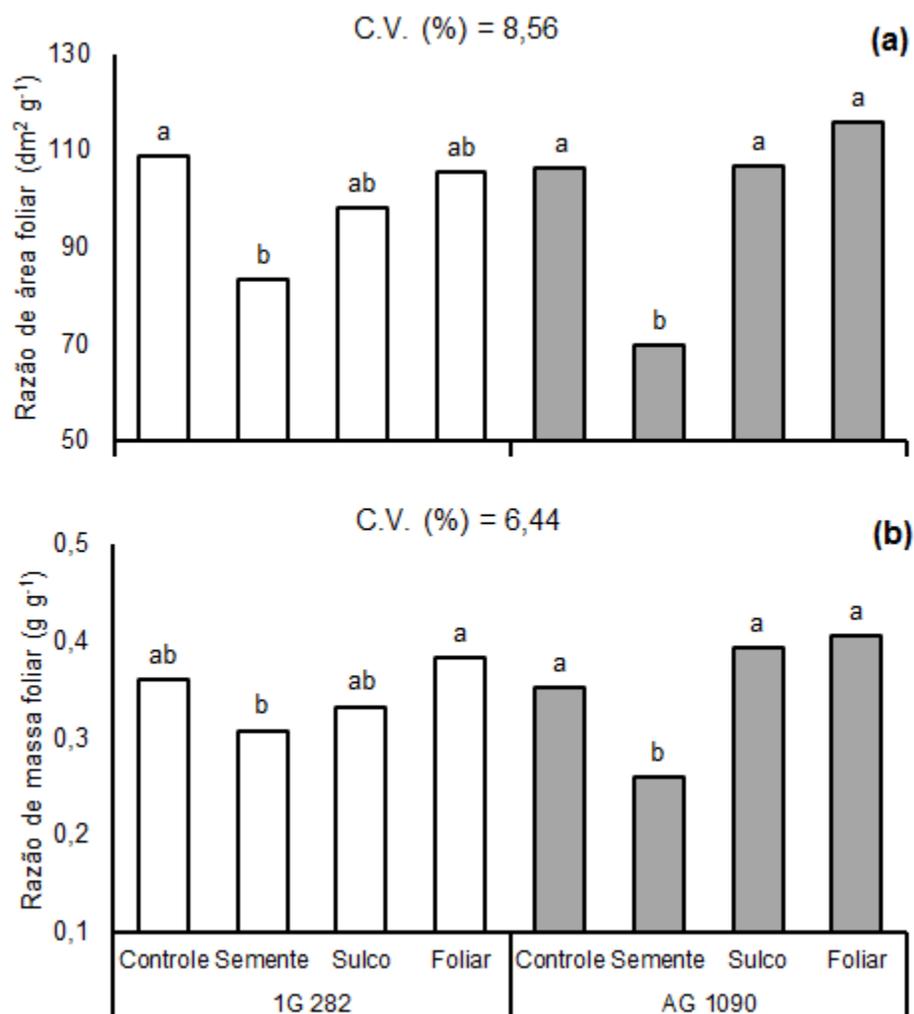


Figura 7. Massa de matéria seca da parte aérea (a e b) e massa de matéria seca total (c e d) dos híbridos de sorgo DOW 1G282 e AG1090 com diferentes modos de aplicação de *Azospirillum brasilense*.

Segundo Reis (2007), as variações de resultados de trabalhos com *Azospirillum spp.* estão ligadas a interações edafoclimáticas e interações com a biota do solo, além de fatores ligados à bactéria tais, como: o número ideal de células por semente e a fisiologia da semente. Nesse sentido seria importante a contagem do número de células por planta, pois a falta de resultado significativo pode estar relacionada ao não desenvolvimento das bactérias fixadoras.

Segundo Bárbaro et al. (2008), vários aspectos devem merecer atenção dos pesquisadores em relação à eficiência da bactéria, ressaltando-se a seleção de

estirpes adaptadas às condições locais e às culturas e cultivares usadas em cada região, sendo necessário testar as estirpes de *Azospirillum*, selecionando-se aquelas mais adaptadas às situações de clima e do manejo de culturas

As diferentes respostas encontradas com inoculação de *Azospirillum spp.* podem estar diretamente relacionadas com o genótipo das plantas estudadas. Boddey et al. (1991) e Sala et al. (2007), em trabalhos realizados com cana-de-açúcar e trigo, respectivamente, comprovaram que uma mesma bactéria pode agir com diferentes intensidades sobre a enzima nitrogenase, quando inoculadas em diferentes genótipos. Tal fato pode explicar os diferentes resultados encontrados entre os híbridos em uma mesma variável.

4. CONCLUSÕES

No híbrido AG 1090 a aplicação foliar de *A. brasiliense* resultou em aumento do teor de clorofila na folha, porém, não alterou a massa de matéria seca da parte aérea da planta, aplicação via semente resultou em maior massa de matéria seca do sistema radicular e a aplicação via sulco resultou em menor porcentagem de tempo médio de emergência de plântulas.

No híbrido IG282, a inoculação de semente de *A. brasiliense* resultou em menor porcentagem de emergência de plântulas.

Podemos ver, que, apesar de não obter resultados significativos, a inoculação de sementes teve ligeira vantagem em relação aos demais modos utilizados.

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

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M. **É possível fixação biológica de nitrogênio no milho.** Disponível em:

<<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2008/2008-janeiro-junho/539-e-possivel-a-fixacao-biologica-de-nitrogenio-no-milho/file.html>>. Acesso em: 25 de maio de 2016.

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

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, v.37, p.727-733, 2007.

BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the ¹⁵N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N₂ fixation to grasses and cereals. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.889-895, 2001.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.17, n.10, p.1023–1029, 2013.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**. v. 71, p. 428-434, 1958.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa SPI; Rio de Janeiro: Embrapa CNPS. 2006. 306p

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/index.htm>. Acesso em: 10 de junho de 2016.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. Zoneamento. in: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/zoneamento.htm>. Acesso em: 10 de junho de 2016.

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.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

OLIVEIRA, N. C.; WILCKEN, C. F.; MATOS, C. A. O. Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**. v.48, p.529-533, 2004.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; PERES, A. R.; FRANCO, A. A.; GITTI, D. C. **Inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho safrinha.** XII Seminário Nacional de Milho Safrinha, 2013

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

REIS, V. M. **Uso de Bactérias Fixadoras de Nitrogênio como Inoculantes para Aplicação em Gramíneas.** Embrapa Agrobiologia. Seropédica, RJ. 22 p., 2007. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 232).

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.3, p. 214-226, 2013.

RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo.** 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

SAIKIA, S. P.; JAIN, V. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable target or a dogma? **Current Science**. v.92, n.3, p.317-322, 2007.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em

condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.833-842, 2007.