

# ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE AZOSPIRILLUM BRASILENSE NA CULTURA DO MILHO

Rosana Andréia Da Silva Rocha<sup>1</sup>  
Gabriel Luiz Coltro<sup>2</sup>  
Gian Carlos Lizzoni<sup>3</sup>

**RESUMO** - A utilização de bactérias diazotróficas pode auxiliar a alcançar maiores produtividades e reduzir custos de produção da cultura do milho. Objetivou-se avaliar o crescimento e desenvolvimento do milho em resposta à inoculação de *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T1 (0 kg de N); T2 (50 kg de N); T3 (100 kg de N); T4 (0 kg de N + *A. brasilense* via foliar); T5 (50 kg de N + *A. brasilense* via foliar); T6 (100 kg de N + *A. brasilense* via foliar); T7 (0 kg de N + *A. brasilense* via semente); T8 (50 kg de N + *A. brasilense* via semente) e T9 (100 kg de N + *A. brasilense* via semente). As avaliações foram realizadas quando o milho atingiu a maturação fisiológica, sendo avaliado a altura de plantas (cm), altura de inserção da espiga (cm), peso de mil grãos (g) e produtividade (kg/ha). A adubação e a inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciaram nas variáveis altura de plantas, altura de inserção da espiga e peso de mil grãos. Já a produtividade foi superior para os tratamentos 6 e 9, evidenciando os efeitos benéficos da associação da adubação com *Azospirillum brasilense* na cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bactérias diazotróficas, fixação biológica de nitrogênio, *zea mays*.

## NITROGENATED FERTILIZER ASSOCIATED WITH THE INOCULATION OF AZOSPIRILLUM BRASILENSE IN CORN CULTURE

**ABSTRACT** - The use of diazotrophic bacteria can help to achieve higher yields and reduce production costs of maize. The objective was to evaluate the growth and development of maize in response to the inoculation of *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen fertilization. A randomized complete block design with eight treatments and four replications was used. The treatments were: T1 (0 kg of N); T2 (50 kg of N); T3 (100 kg of N); T4 (0 kg of N + *A. brasilense* via leaf); T5 (50 kg of N + *A. brasilense* via leaf); T6 (100 kg of N + *A. brasilense* via leaf); T7 (0 kg of N + *A. brasilense* via seed); T8 (50 kg of N + *A. brasilense* via seed) and T9 (100 kg of N + *A. brasilense* via seed). The evaluations were performed when the corn reached physiological maturity, being evaluated the height of plants (cm), height of insertion of the spike (cm), weight of a thousand grains (g) and productivity (kg / ha). Fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense* did not influence the variables plant height, spike insertion height and weight of a thousand grains. Already the productivity was higher for treatments 6 and 9, evidencing the beneficial effects of the association of fertilization with *Azospirillum brasilense* in the crop.

**KEY WORDS:** Diazotrophic bacteria, biological fixation of nitrogen, *zea mays*.

<sup>1</sup>Mestranda do programa de pós-graduação em agricultura tropical\PPGAT – UFMT, Cuiabá - MT. \*Autora para correspondência: E-mail: rocharosana890@gmail.com. Tel: (65) 996720847, Endereço: R. Dep., Weimar Torres, nº 237, Cristo Rei, Várzea Grande, MT.

<sup>2</sup>Engenheiro agrônomo. UNIVAG - Centro Universitário, Av. Dom Orlando Chaves, n 2655, CEP: 78118-900, Várzea Grande - MT. biel.coltro@hotmail.com.

<sup>3</sup>Engenheiro agrônomo. UNIVAG - Centro Universitário, Av. Dom Orlando Chaves, n 2655, CEP: 78118-900, Várzea Grande - MT. gian\_lizzoni@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho é de grande importância para a utilização na alimentação humana, na nutrição animal ou como fonte de biocombustíveis. Os países com maior produtividade atualmente são: Estados Unidos (37,5%), China (21,0%) e Brasil (8,1%) com um total de mais de um bilhão de toneladas produzidas na safra 2016/2017 (DEPEC, 2017). Segundo a CONAB (2017), no Brasil durante a safra 2016/2017 foram produzidas cerca de 88 milhões de toneladas, sendo o Mato Grosso o estado com maior produtividade (23 milhões de toneladas) seguido do Paraná (16 milhões de toneladas).

De maneira geral, sabe-se que fatores genéticos e ambientais estão intimamente relacionados aos avanços no desenvolvimento das culturas. Os genéticos são selecionados através do melhoramento e dentre os fatores ambientais destacam-se o aumento nutricional e hídrico, como os mais relevantes no desenvolvimento das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2010). De acordo com Taiz e Zeiger (2006), a expansão das plantas apresenta alta relação com o fornecimento de nitrogênio, essencialmente porque este nutriente participa diretamente no metabolismo das plantas.

O nitrogênio é um dos nutrientes mais requeridos pelas culturas, é de grande importância por ser constituinte de moléculas de proteínas, atuando na produção de aminoácidos e constituição de vários compostos em plantas. É empregado em quantidades elevadas na agricultura na forma de fertilizantes, onde para maioria delas, representa o nutriente mais caro (CANTARELA, 2007).

Segundo Farinelli e Lemos (2012), o manejo da adubação nitrogenada é um dos mais complicados, devido a razões relacionadas ao gasto com fertilizantes nitrogenados, resultante de problemas na ação de algumas fontes e da grande abundância de energia exigida para a sua obtenção e, a capacidade poluente desse elemento, tanto para as águas de superfície quanto subterrâneas. Além disso, esse nutriente apresenta uma das maiores relações de perda, as quais podem ocorrer por lixiviação, erosão, volatilização de amônia e desnitrificação. O maior ou menor índice de perda pode ser cercado pela forma de aplicação, manejo e na fonte do nutriente a ser utilizada.

A utilização de bactérias vem se mostrando uma ótima alternativa para a cultura do milho a fim de reduzir as perdas e o custo de produção com fertilizantes nitrogenados. Ao inocular essas bactérias nas sementes pode-se ter a redução de cerca de 50% do uso de fertilizantes nitrogenados sem diminuir a produtividade, do mesmo modo os produtores vêm preferindo decrescer seus custos e dando preferência a produtos naturais e que contribuem para a preservação do meio ambiente (FREITAS E RODRIGUES, 2010).

Para Rodrigues e Fioreze (2015), a forma de atuação direta das bactérias resulta em maior produção de hormônios que promovem crescimento como auxina, giberelinas e citocinas, já no mecanismo indireto possui atuação em resistência sistemática a doenças, biossíntese de hormônios relacionados ao estresse, como ácido jasmônico, ácido abscísico, etileno e biossíntese de compostos antimicrobianos.

Libório *et al.* (2016), avaliaram a resposta do milho quando inoculado a *Azospirillum brasilense* via semente com doses reduzidas de N e obtiveram um acréscimo de 818,25 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento do milho em relação a testemunha. Bartchechen *et al.* (2010), realizaram experimento com objetivo de avaliar a resposta da inoculação da bactéria no milho, no entanto não obteve resultados satisfatórios quando comparadas à mesma dose de nitrogênio, sem alcançar incremento na produtividade.

Coelho *et al.* (2017), analisaram a capacidade da planta de milho em tolerar déficit hídrico quando associada a bactéria *A. brasilense* e verificou um incremento no sistema radicular e redução de perdas na produtividade.

Deste modo, o objetivo no trabalho foi avaliar o crescimento e desenvolvimento do milho em resposta à inoculação de *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Aripuanã, Estado de Mato Grosso, cujas coordenadas 10°39'59,9" S de Latitude e 59°19'28.8" W de Longitude, aos 255 metros de altitude em um solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, durante os meses de janeiro a maio de 2018. Foi utilizada uma área degradada, com 20 anos de pastagem sem que haja nem uma correção ou adubação do solo.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições, totalizando 36 parcelas (Tabela 1).

**TABELA 1 - Descrição dos tratamentos do experimento.**

T 1	0% de N
T 2	50% de N
T 3	100% de N
T 4	<i>A. brasilense</i> via foliar + 0% de N
T 5	<i>A. brasilense</i> via foliar + 50% de N
T 6	<i>A. brasilense</i> via foliar + 100% de N
T 7	<i>A. brasilense</i> via semente + 0% de N
T 8	<i>A. brasilense</i> via semente + 50% de N
T 9	<i>A. brasilense</i> via semente + 100% de N

A unidade experimental adotada foi representada por uma área de 2 x 4,5 m totalizando 9 m<sup>2</sup>, onde foram analisados a área útil excluindo-se uma linha de cada lado e 0,5 m nas extremidades. A correção do solo foi realizada conforme a análise de solo (Tabela 2) elevando a saturação de bases para 60%, sendo a adubação de fósforo e potássio corretiva total e de nitrogênio baseada em uma expectativa de produção de 8.000 kg ha<sup>-1</sup> (SOUSA e LOBATO, 2004). A adubação foi realizada no sulco de plantio com 7 cm de profundidade.

**TABELA 2 - Características químicas da camada 0-20 cm do solo do experimento.**

pH	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	M.O	Areia	Silte	Argila
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>3</sup>		cmolc dm <sup>3</sup>		g dm <sup>-3</sup>		g/dm <sup>-3</sup>		g/kg	
5,50	4,80	0,60	17,00	2,81	0,35	0,06	5,44	34,00	107,00	123,00	770,00

A inoculação das sementes foi realizada no momento do plantio com uma dose de 200 ml ha<sup>-1</sup>. Após a inoculação, as sementes foram deixadas na sombra por 5 minutos, onde em seguida foi realizado o plantio.

Foi utilizado o híbrido DKB 390 VT PRO com espaçamento de 0,9 metros entre linha, com tratamento de semente Industrial (TSI) com os produtos Maxim Advanced 100 ml/100kg de semente, K-obiol 25 CE 8 ml/100 kg de semente, Actellic 500 CE 1,6 ml/100 kg de semente,

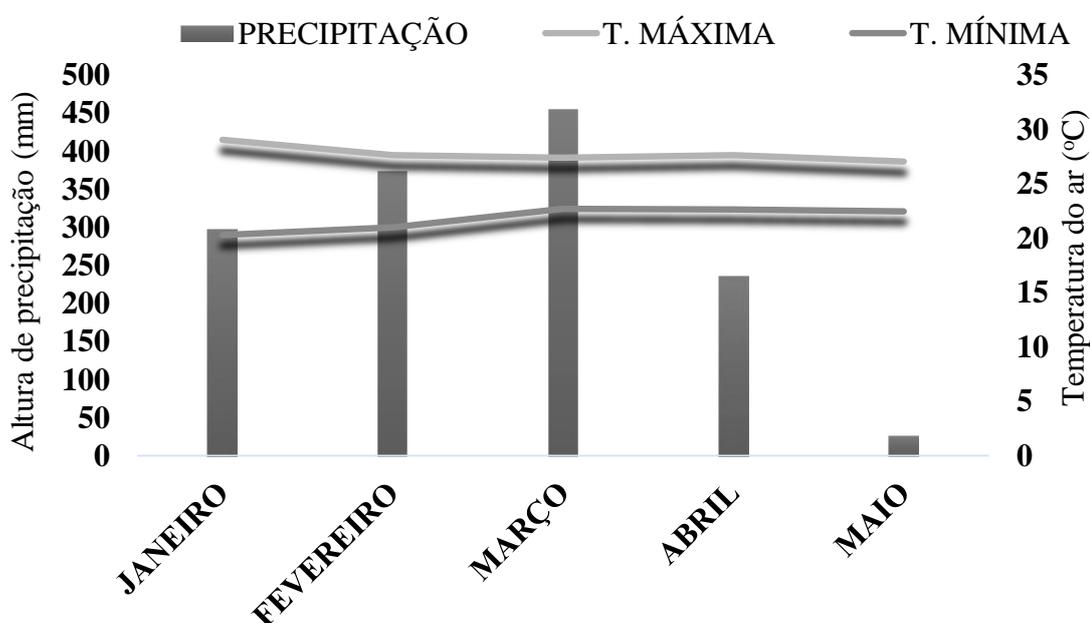
Haiten 0,7 ml/100 kg de semente, com germinação de 95%, as sementes foram semeadas manualmente a 3 cm de profundidade, representando um estande de 59.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Aos 30 dias após o plantio realizou-se o controle de plantas daninhas utilizando-se PROOF (ATRAZINA) na dose de 4 L ha<sup>-1</sup>. O monitoramento de pragas e doenças foi realizado semanalmente, sem que passando necessidade de controle.

A adubação de cobertura foi realizada para aqueles tratamentos com dose maior que 100 kg ha<sup>-1</sup>, sendo realizado quando a planta atingiu o estágio vegetativo V3 aplicando 50% da dose de nitrogênio e no estágio vegetativo V5 aplicando-se mais 50% da dose.

Após a adubação de cobertura em V3, foi realizada a aplicação foliar de *Azospirillum b.* na dose de 500 ml ha<sup>-1</sup>, utilizando uma bomba costal com barra de dois bicos, espaçadas com 50 cm e com bico leque XR Teejet VS 11001 representado por um volume de calda de 200 litros ha<sup>-1</sup>.

A precipitação foi medida durante todo o experimento através de um Pluviômetro Cristal tipo cunha com capacidade de 130 mm, medidor de forma indireta, desta forma anotando o total para cada mês, assim como, a temperatura (ACCUWEATHER, 2018) (Figura 1).



**FIGURA 1.** Variação mensal da precipitação pluvial e da temperatura mínima e máxima durante o período de condução da pesquisa.

As avaliações foram realizadas quando o milho atingiu a maturação fisiológica (R9), onde foram avaliados: altura de plantas (cm), altura de inserção da espiga (cm), peso de mil grãos (g) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). Para a avaliação de altura de plantas e inserção da espiga foi utilizado uma fita métrica, tomando-se como medida o nível do solo até o pendão floral e do nível do solo até a primeira espiga, respectivamente.

Para a avaliação da produtividade foram colhidas manualmente as plantas da área útil, sendo a debulha manual das espigas. Os grãos foram pesados utilizando a balança de precisão, determinando a umidade no medidor G800 e corrigindo para 14%. A produtividade foi representada pelo peso de grãos obtido pela pesagem na balança de precisão, utilizando três

casas decimais, transformando para área de um hectare. O peso de mil grãos foi determinado a partir da contagem de mil grãos por parcela e pesando em uma balança de precisão.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo Teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIP) e peso de mil grãos (PMG) (Tabela 3).

**TABELA 3 - Altura de planta, altura de inserção da espiga e peso de mil grãos para variedade BBK 390 VT PRO, na safra 2017/2018.**

Tratamento	Altura de planta (cm)	Altura de inserção da espiga (cm)	Peso de mil grãos (g)
T1	244,05	109,22	321,16
T2	257,00	111,77	324,12
T3	253,02	110,20	326,29
T4	253,60	112,65	320,32
T5	264,47	116,57	313,50
T6	257,07	112,52	324,85
T7	255,42	113,85	321,53
T8	257,87	114,32	327,59
T9	262,27	111,82	327,33
<b>CV%</b>	<b>3,76</b>	<b>4,85</b>	<b>5,25</b>

Cunha *et al.* (2014), avaliando essas mesmas variáveis em função do uso de *Azospirillum b.* aplicada via semente de milho, associada a diferentes doses de N, verificaram também que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Basi (2013), também afirmou em seu experimento, que mesmo na dose máxima de N associada com *Azospirillum b.*, não se observou diferenças relacionadas a estas variáveis.

Corroborando com os resultados obtidos nesse experimento Bulla e Balbinot Junior (2012), avaliando o rendimento da cultura do milho em função das doses de N e da presença de *Azospirillum b.*, verificaram que não houve diferença entre os tratamentos para a variável altura de plantas. No entanto, para peso de mil grãos houve diferença sendo somente para a dose de N, onde com o aumento das doses proporcionou a formação de grãos com maior peso para esta variável.

A produtividade do milho foi superior nos tratamentos 6 e 9, onde realizou-se a inoculação via foliar e semente associada a dose total de N, respectivamente (Tabela 4).

A resposta positiva das plantas à inoculação com as bactérias pode ser atribuída a produção de substâncias promotoras do crescimento, a proteção contra fitopatógenos, alteração da atividade metabólica através de efeitos sobre as membranas celulares, solubilização de fosfatos, aumento da resistência das plantas ao estresse e a própria fixação biológica de nitrogênio (GRAY e SMITH, 2005).

Vários mecanismos pelo qual o *Azospirillum b.* afetam o desenvolvimento das plantas são propostos. Mecanismos hipotéticos incluem influência hormonal, aumento da absorção de água e minerais, alterações na função da membrana ou uma combinação de pequenos mecanismos que afetam a planta em conjunto (BASHAN *et al.*, 2004).

Szilagy-Zecchin *et al.* (2017), observaram que a produção do milho apresentou ganhos significativos com o uso da inoculação via semente, onde foi obtido um acréscimo na produção de aproximadamente 400 kg ha<sup>-1</sup> quando foi utilizado *Azospirillum b.* como fonte de inoculação, corroborando com os resultados obtidos nesse experimento, onde obteve-se um acréscimo na produção de 437,23 kg ha<sup>-1</sup> quando utilizado a inoculação da bactéria via semente associada a dose total de nitrogênio.

**TABELA 4 - Produtividade da variedade DBK 390 VT PRO, em função da associação da adubação nitrogenada e *A. brasilense* na safra 2018.**

Tratamento	Produtividade
	(kg ha <sup>-1</sup> )
T1	6.465,03 b
T2	7.556,38 ab
T3	8.181,12 ab
T4	7.096,67 ab
T5	7.669,22 ab
T6	8.438,65 a**
T7	6.608,54 b
T8	7.801,59 ab
T9	8.618,35 a**
CV%	9,92

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultado semelhante também foi obtido por Portugal *et al.* (2012), onde verificaram um aumento de 868 kg ha<sup>-1</sup> na produção de grãos em plantas que foram inoculadas com *Azospirillum b.* via foliar, corroborando com o resultado obtido nesse experimento, onde a aplicação via foliar, proporcionou um acréscimo de 257,1 kg ha<sup>-1</sup> quando associado a dose total de nitrogênio.

Pereira neto *et al.* (2016), analisaram em seu experimento, a inoculação de *Azospirillum b.* associado a dose de 100% de adubação nitrogenada, obtendo um incremento na produtividade de 7% em relação a testemunha. Deste modo, foi possível observar resultados semelhantes no presente trabalho, utilizando dose total de nitrogênio associado a inoculação foliar proporcionou um aumento na produção de 3,14% e na inoculação via semente de 5,34%.

Com a inoculação da bactéria *Azospirillum b.* é possível de obter ótimos rendimentos com menor custo, principalmente pela redução de fertilizantes nitrogenados, aumentando o lucro do agricultor, nas aplicações foliar de *Azospirillum brasilense* já proporcionaram margem de ganho positivo com a aplicação de dose de 0 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura. Esse fato mostra que a utilização da bactéria poderá resultar em incrementos de rendimento e em redução de custos da cultura. Visto que muitos dos produtores pensam que é uma *despesa*

a mais quando se pensa na inoculação. Ao contrário disso é uma ótima opção para o custo e benéfico da sua produção (HUNGRIA, 2010).

## CONCLUSÃO

A associação da adubação nitrogenada e o *Azospirillum b.* não influenciaram na altura de plantas, altura de inserção da espiga e peso de mil grãos.

A dose total de nitrogênio associada a inoculação via foliar e semente com *Azospirillum b.* proporcionaram aumento na produtividade da cultura, evidenciando os efeitos benéficos da associação da adubação com *Azospirillum b.* na cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCUWEATHER.com. Uruguai Meteorologia. Disponível em: <<https://www.accuweather.com>>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- BARTCHECHEN, A. et al. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* na produtividade da cultura do milho (*Zea Mays* L). **Campo Digital**, Campo Mourão, v.5, n.1. p.56-59, 2010.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*–plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). *Can J Microbiol* 50:521–577.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasiliense* e de nitrogênio em cobertura na cultura de milho**. 2013.63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.
- BULLA, D.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasiliense* em diferentes doses de nitrogênio. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 25, n.2, jul.2012.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 7, p. 375-470.
- COELHO, A. E. et al. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasiliense* em plantas de milho submetidas à restrição hídrica. **Sci. Agrar. Parana. Marechal Cândido Rondon**, v. 16, n. 2, abr./jun., p. 186-192, 2017.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março/2017**. Brasília: CONAB, p. 116, 2017.
- CUNHA, F. N. et al. Efeito da *Azospirillum brasiliense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.3, p. 261-272, 2014.
- DEPEC – Departamento de Pesquisa e Estudos Econômicos. **Milho – abril de 2017**, p. 1-54, 2017.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 63-70, 2012.
- FREITAS, I. C. V.; RODRIGUES, M. B. Fixação biológica do nitrogênio na cultura do milho. **Agropecuária Técnica** – v. 31, n. 2, p 143–154, 2010.
- GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p.395-412, 2005.
- HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: **Embrapa Soja**, 2011. 36p.

LIBÓRIO, P. H. Silva. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada reduzida em híbridos de milho. **Nucleus**, v.13, n.2, out. 2016.

OLIVEIRA, F. A. et al. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Bras Azospirillum–plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances ileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 479-484, 2010.

PEREIRA NETO, H. B.; GOUVEIA, J. P.; SANTOS, J. C. N.; CANUTO, D. M. F.; OLIVEIRA, R. S. Produtividade em milho safrinha sob influência da adubação nitrogenada e inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense*. **AGRARIAN ACADEMY**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.3, n.06; p. 2016.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; LONGUI, W. V. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* Via Foliar Associada à Doses de Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 1413-1419, 2012.

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

RODRIGUES, J. D.; FIOREZE, S. L. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão agrícola**, São Paulo, p. 35-39, 2015.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.2. p.306-308, 2004.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MARRIEL, I. E.; SILVA, P. R. F. Produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio cultivado em campo no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 40, n. 4, p. 795-798, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 719p.