

## Produtividade de grãos de milho em sistema de Integração Lavoura-Pecuária após inoculação com *Azospirillum brasiliense* em Cerrado

**Viviane Cristina Modesto<sup>(1)</sup>; Marcelo Andreotti<sup>(2)</sup>; Deyvison de Asevedo Soares<sup>(3)</sup>; Allan Hisashi Nakao<sup>(4)</sup>; Lourdes Dickmann<sup>(5)</sup>; Leandro Alves Freitas<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Doutoranda do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP/ FEIS, Ilha Solteira, SP, Brasil, [vivianemodesto@hotmail.com](mailto:vivianemodesto@hotmail.com); <sup>(2)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP/FEIS; <sup>(3,4,5,6)</sup> Pós-graduandos do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira UNESP/FEIS.

**RESUMO:** Considerando a resposta positiva do cultivo consorciado de culturas produtoras de grãos com espécies forrageiras na disponibilização de forragem no período de escassez, aliado ao manejo do nitrogênio e da sua fixação biológica objetivou-se avaliar o desempenho agrônomo do milho, sob efeito da inoculação ou não com *Azospirillum brasiliense* nas sementes de milho em cultivo exclusivo (solteiro) ou consorciado com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu). Os experimentos foram conduzidos em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sob condições irrigadas e de sequeiro, no Cerrado de baixa altitude. Os experimentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Para determinação da produtividade de grãos foram coletadas todas as espigas da parcela útil, debulhadas e pesadas para transformação em kg ha<sup>-1</sup>. O consórcio milho+capim-marandu aliado à inoculação com *A. brasiliense* nas sementes do milho em sistema irrigado proporcionou maior produtividade de grãos. Enquanto que em sistema de sequeiro, somente o consórcio sem inoculação nas sementes de milho proporcionaram maior produtividade de grãos.

**Termos de indexação:** *Zea mays*; bactérias diazotróficas; rendimento de grãos

### INTRODUÇÃO

Os sistemas de integração-lavoura-pecuária, aliados aos sistemas de Plantio Direto promovem melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, pois pela rotação de culturas há inclusão de espécies com diferentes sistemas radiculares, além de resíduos vegetais com diferentes relações C/N, o que contribui para

alterações das taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes (Costa et al., 2015), além de fornecer palhada para a cultura subsequente.

O uso de fertilizantes químicos nitrogenados na cultura do milho é um dos fatores que mais onera os custos de produção, além de que, o fato de ocorrerem perdas significativas durante os cultivos causam danos ao meio ambiente (Matsumura et al., 2015). Assim, alternativas visando ao aumento da eficiência de utilização do nitrogênio, pelo uso de bactérias fixadoras (FBN), especialmente as do gênero *Azospirillum*, que atuam suprimindo diretamente a demanda vegetal por nutrientes e água, através de mecanismos diretos de promoção do crescimento, aumento da resistência e tolerância das plantas contra estresses bióticos e abióticos são necessárias (Spolaor et al., 2016).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de milho advindo de sementes inoculadas ou não com *Azospirillum brasiliense* em cultivo exclusivo (solteiro) ou consorciado com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu).

### MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no ano agrícola (2015/2016), em área de Cerrado de baixa altitude irrigada (pivô central) e de sequeiro na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS.

O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os dados diários referentes às temperaturas máximas, mínima, e precipitação pluvial foram coletados junto

à estação meteorológica situada na FEPE (FEIS/UNESP) e encontram-se na Figura 1.

O solo da área experimental, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso e está sendo cultivado com culturas anuais em Sistema Plantio Direto há 10 anos, sendo a cultura anterior o capim-marandu. Foram coletadas amostras de solo deformadas, com trado de rosca na profundidade de 0 a 0,20 m para a caracterização de sua fertilidade inicial (Raij et al., 2001) que encontram-se na Tabela 1.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo seis tratamentos, constituídos do cultivo do híbrido simples de milho DKB 350 YG (exclusivamente ou em consórcio com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu) com ou sem a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, assim descritos: milho (solteiro) com semente inoculada; milho (solteiro) sem semente inoculada; milho + capim-marandu (consórcio) sem inoculação; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação em ambas as sementes; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação das sementes do milho e milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação das sementes do capim.

O preparo da área foi realizado com dessecação preliminar, feita com uso do herbicida Glyphosate, com posterior manejo utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (triton). A cultura do milho foi semeada mecanicamente (0,45 m entrelinhas) por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, objetivando-se atingir um estande final de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A semeadura do capim-marandu foi realizada simultaneamente ao milho, sendo efetuado com a mistura das sementes do capim com o adubo de semeadura que constituiu de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 (24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). As sementes do milho e/ou forrageira foram inoculadas à sombra com o inoculante líquido, momentos antes da semeadura, utilizando-se da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, fornecida pelo inoculante AZO Total na dose de 100 mL/25 kg de sementes. Durante a condução da cultura foram realizadas as práticas fitotécnicas de acordo com a sua necessidade.

Para determinação da produtividade foram coletadas todas as espigas da parcela útil, debulhadas e pesadas para transformação em kg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (P<0,05). Os efeitos dos tratamentos foram comparados pelo teste de “t”, utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de pluviosidade e temperatura do ar (Figura 1) indicam que as condições do clima foram adequadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O estresse hídrico na cultura do milho limita desenvolvimento da espiga e a translocação de carboidratos para os grãos, além de afetar a resposta da planta ao nitrogênio (Kappes et al., 2013).

Na Tabela 2 constam os efeitos da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho em cultivo exclusivo (solteiro) ou consorciado com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) sobre os valores médios de produtividade do milho.

Observaram-se em ambas as áreas (irrigada e de sequeiro) resultados significativos para a produtividade de grãos, com destaque para a área irrigada, onde os valores de produtividade foram superiores em relação à área de sequeiro, fato decorrente do maior controle e disponibilidade de água.

A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* aliada ao consórcio com capim-marandu proporcionou o melhor resultado, provavelmente em decorrência dos benefícios proporcionados pelas bactérias diazotróficas na FBN, absorção de água, nutrientes devido ao incremento radicular, além do melhor condicionamento do solo e mineralização da matéria orgânica proporcionado pelo consórcio.

Em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, especialmente em sistema de integração lavoura-pasto, ocorre aumento da produtividade de grãos após a pastagem, que também produz mais após o solo ser utilizado para cultivo de grãos (Cordeiro et al., 2015), proporcionando benefício mútuo para ambos os sistemas

Kappes et al. (2013) concluíram que sementes de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* proporcionaram maior produtividade (9,4%). Os autores ressaltaram o papel significativo das bactérias diazotróficas no desempenho desta cultura, ao mesmo tempo em que demonstram o potencial de utilização da tecnologia estudada

Ainda no experimento sob pivô central, o tratamento que recebeu inoculação em ambas as sementes (milho e capim-marandu), apresentou menor produtividade, possivelmente devido à maior competição entre as plantas de milho e capim por nutrientes e água. Segundo Pariz et al. (2011) o comportamento da cultura do milho quando em consórcio com Urochloas pode prejudicar desenvolvimento e consequentemente a produtividade de grãos, pois é influenciado principalmente pela velocidade de estabelecimento

da forrageira e aumento da competição por água, luz e nutrientes.

A inoculação de sementes de milho em área de sequeiro nas condições edafoclimáticas do Cerrado de baixa altitude não foram suficientes para o incremento em produtividade de modo expressivo. Silva et al. (2015) relatam que o plantio da forrageira na linha do milho pode favorecer o crescimento da *Urochloa* devido sua proximidade com o adubo depositado na linha, visando a nutrição do milho, causando efeito negativo sobre a cultura, o que pode ter ocorrido nesse experimento. Ainda que não tenham altos incrementos em produtividade, o consórcio é a alternativa mais viável, pois aumenta a quantidade de palha necessária para manutenção do sistema de Plantio Direto ou formação de pastagem para aproveitamento pelos animais (Cecon et al., 2014).

Apesar de o estudo apresentar resultados satisfatórios, são necessárias outras pesquisas utilizando *Azospirillum brasilense* e genótipos de milho em sistemas de consórcio para se alcançar viabilidade no uso dessas bactérias e usufruir dos benefícios que esse tipo de microrganismo pode trazer para a cultura.

## CONCLUSÕES

A inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária em Plantio Direto favoreceu a produtividade de grãos de milho em área irrigada

O consórcio de milho com *Urochloa brizantha* cv. Marandu em condições de sequeiro proporcionaram incrementos em produtividade devido às melhorias de qualidade físico-química do solo.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão da bolsa de doutorado da primeira autora, através do processo 2014/02697-1.

## REFERÊNCIAS

CECON, G.; SILVA, J. F.; NETO, A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS, A. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido com populações de milho e de *Brachiaria*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 326-335, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em

Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 852-863, June 2015 .

CORDEIRO et al. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta : o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF, 2015. 393 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. (2003) Sisvar: versão 4.2. Lavras: UFLA.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

MATSUMURA, E. E.; SECCO, E. A.; MOREIRA, R. S.; PAIS dos SANTOS, O. J. A.; HUNGRIA, M.; OLIVEIRA, A. L. M. Composition and activity of endophytic bacterial communities in field-grown maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Annals of Microbiology**, v. 65, n. 4, p. 2187-2200, 2015.

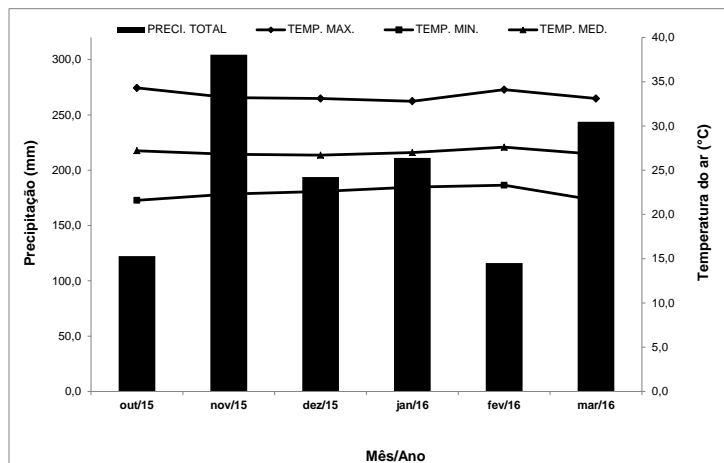
PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZZETTI, S.; CHIODEROLLI, C. A. Technical and economic performance of corn intercropped with *Panicum* and *Brachiaria* forage in crop-livestock integration system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 360–370, 2009.

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

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M. F.; MOREIRA DE, M. A.; SILVA A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R. CECON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, 1394-1400, 2015.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, PAIS dos SANTOS, O. J. A.; OLIVEIRA, MARTINEZ DE, A. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, F. A. B.; KUKI, M. A.. Bactérias promotoras de crescimento associadas à adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônomo de milho pipoca. **Bragantia**, Campinas , v. 75, n. 1, p. 33-40, Mar. 2016.

**Figura 1.** Dados de temperatura do ar e precipitação entre a semeadura e colheita dos experimentos (2015/2016). Selvíria – MS (2016).



**Fonte:** Estação meteorológica localizada na fazenda de ensino, pesquisa e extensão da Unesp-Ilha Solteira (FEPE), Selvíria-MS.

**Tabela 1.** Caracterização inicial dos atributos químicos do solo, nas profundidades de 0 a 0,20 metros. Selvíria, Mato Grosso do Sul.

Prof. (m)	P mg dm <sup>-3</sup>	MO g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al	SB	CTC	S-SO <sub>4</sub> mg dm <sup>-3</sup>	V %	m
Área de Sequeiro													
0-0,20	33	25	4,4	2,5	13	7	58	11	22,5	80,5	14	28	33
Área Irrigada													
0-0,20	18	20	4,9	3,5	17	15	38	3,5	39	76,8	11	49	5,8

**Tabela 2.** Produtividade do híbrido de milho DKB 350, exclusivamente ou em consórcio com capim-marandu e inoculação ou não das sementes com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2015/2016.

Tratamentos <sup>1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	
	Irrigado	Sequeiro
MSSI	7335 ab	4295 c
MCSI	6768 abc	6422 a
MCIU	6320 bc	6154 a
MCIM	7388 a	4872 bc
MSI	6201 c	4975 bc
MCIMU	6084 c	5568 ab
CV %	10,42	12,32

<sup>1</sup> MSSI = Milho (solteiro) sem semente inoculada; MCSI = Milho + capim-marandu (consórcio) sem inoculação; MCIU = Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do capim; MCIM = Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do milho; MSI = Milho (solteiro) com semente inoculada; MCIMU = Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação em ambas as sementes. \*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "t" a 5% de probabilidade.

