

**HUGO HENRIQUE RIBEIRO ROSA**

**IRRIGAÇÃO NA COINOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS NA CULTURA  
DA SOJA E MILHO**

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL**

**2019**

**HUGO HENRIQUE RIBEIRO ROSA**

**IRRIGAÇÃO NA COINOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS NA CULTURA  
DA SOJA E MILHO**

Dissertação apresentada à  
Universidade do Estado de Mato  
Grosso, como parte das exigências  
do Programa de Pós-graduação  
*Stricto Sensu* em Ambiente e  
Sistemas de Produção Agrícola para  
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rivanildo  
Dallacort

Coorientadora: Prof. Dra. Maria  
Carolina da Silva Andrea

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL**

**2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

R788i	Rosa, Hugo Henrique Ribeiro.  Irrigação na coinoculação de microrganismos na cultura da soja e milho / Hugo Henrique Ribeiro Rosa; Prof. Dr. Rivanildo Dallacort; Prof. Dra. Maria Carolina da Silva Andrea– Tangará da Serra, 2019.  81f. il. (anexo CD-ROM)  Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola na Universidade do Estado de Mato Grosso) – UNEMAT.  1. <i>Azospirillum Brasilense</i> . 2. <i>Kappaphycus alvarezii</i> . 3. Irrigação. 4. <i>Glycine max</i> . 5. <i>Zea mays</i> .  I. Título.  CDU – 633.15
-------	--

**HUGO HENRIQUE RIBEIRO ROSA**

**“IRRIGAÇÃO NA COINOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS NA CULTURA  
DA SOJA E MILHO”**

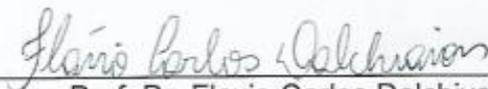
Dissertação apresentada à  
Universidade do Estado de Mato  
Grosso, como parte das exigências  
do Programa de Pós-graduação  
*Stricto Sensu* em Ambiente e  
Sistemas de Produção Agrícola para  
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 15 de fevereiro de 2019.

**Banca Examinadora**



Prof. Dr. Rivanildo Dallacort  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
Orientador



Prof. Dr. Flavio Carlos Dalchivon  
IFMT – Campo Novo do Parecis  
Membro externo



Profa. Dra. Alessandra Regina Butnariu  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
Membro interno

**TANGARÁ DA SERRA/MT- BRASIL**

**2019**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho principalmente a Minha esposa Tamires Fortunato de Lima Rosa, a minha mãe Inácia Ferreira Ribeiro Rosa e ao meu pai Anézio Marques Rosa, pelo apoio, amor, dedicação, proporcionando que eu alcançasse meus objetivos e sonhos. Dedico também a toda minha família e amigos que sempre estiveram ao meu lado.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, força, coragem e sabedoria para lidar com diversas situações.

Agradeço à família pelo incentivo ao estudo e paciência, em especial a minha esposa Tamires Fortunato de Lima Rosa, pelo apoio e incentivo.

À Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Ao Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola (PPGASP), pelo espaço encontrado para a realização da caminhada da Pós-Graduação *Stricto Sensu*. E aos docentes do programa por todos os ensinamentos passados no decorrer desses dois anos.

Aos professores orientadores Dr. Rivanildo Dallacort, por sua orientação, contribuindo para meu trabalho e crescimento profissional a Coorientadora Dr. Maria Carolina pela sua coorientação auxiliando no desenvolvimento do projeto.

A Vanessa Dias pelas suas contribuições no desenvolvimento do projeto.

A todos os amigos e integrantes do Laboratório de Agrometeorologia.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esta pesquisa fosse concretizada, meus sinceros agradecimentos.

## Sumário

RESUMO .....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO GERAL.....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
Capítulo 01 - Efeito da associação biológica de <i>Kappaphychus alvarezii</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> em coinoculação na cultura da soja.....	14
INTRODUÇÃO.....	16
MATERIAL E MÉTODOS .....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
Capítulo 02 - Efeito da irrigação na associação biológica de <i>Kappaphychus alvarezii</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> na cultura do milho .....	34
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS .....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
Capítulo 03 - Efeito do <i>Azospirillum brasilense</i> e bioestimulante no cultivo do milho irrigado em Tangará da Serra - MT .....	58
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAL E MÉTODOS .....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	65
CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75

## IRRIGAÇÃO NA COINOCULAÇÃO DE MICROORGANISMOS NA CULTURA DA SOJA E MILHO

### RESUMO

O agronegócio é para o Brasil e para o estado do Mato Grosso o principal setor que eleva a economia, sendo a incorporação de tecnologias fator fundamental para manter a sua competitividade e atratividade. A inoculação de microrganismos em sementes vem crescendo no país, pois estes auxiliam na fixação e utilização de nutrientes pelas plantas, proporcionando aumento de produtividade e redução da necessidade de aplicação de adubos nitrogenados. Aliada a essa prática, a irrigação, o tipo de inoculação e o manejo com adubos nitrogenados também precisam ser melhor estudados. No presente trabalho foram conduzidos dois experimentos, um para a cultura da soja e outro para a cultura do milho, ambos com os mesmos tratamentos, seguindo um delineamento em blocos casualizados em faixa com 7 tratamentos tanto para a faixa irrigada quanto para a não irrigada. A soja e o milho foram semeados em 07/11/2017 e o milho em 12/03/2018 em sucessão, com diferentes modos de inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense*, associada com a alga *Kappaphycus alvarezii* e aplicação de adubo nitrogenado, com e sem irrigação: Tratamento 1 – somente adubo nitrogenado; Tratamento 2 – adubo nitrogenado + alga + bactéria no tratamento de semente; Tratamento 3 – tratamento 2 + bactéria em V3 da cultura; Tratamento 4 – tratamento 2 + alga em V3 da cultura; Tratamento 5 – tratamento 2 + bactéria + alga em V3 da cultura; Tratamento 6 – tratamento 2 + bactéria em V3 da cultura + alga em R1 da cultura; Tratamento 7 – controle sem microrganismos. A irrigação potencializou a ação dos produtos melhorando resultados de desenvolvimento das culturas, porém no ambiente sem irrigação os microrganismos agiram com a umidade presente no solo proveniente das precipitações e aumentaram o desenvolvimento das culturas quando comparadas ao controle. Os microrganismos associados proporcionaram acréscimos nas variáveis analisadas mesmo quando não irrigado. Pôde-se concluir que a ação do produto na planta proporciona melhor desenvolvimento tanto em condições de estresse hídrico, como sob irrigação, embora, ao comparar a faixa irrigada e não irrigada, a última apresentou resultados mais satisfatórios.

**Palavras-chave:** *Azospirillum brasilense*, *Kappaphycus alvarezii*, irrigação, *Glycine max*, *Zea mays*

## IRRIGATION IN THE COINOCULATION OF MICROORGANISMS IN THE CULTURE OF SOYBEANS AND MAYZE

### ABSTRACT

Agribusiness is for Brazil and for the state of Mato Grosso the main sector that raises the economy, being the incorporation of technologies fundamental factor to maintain its competitiveness and attractiveness. The use of inoculated microorganisms in seeds has been increasing in the country, since these help in the fixation and utilization of nutrients by the plants, providing increase of productivity and reduction of the need of application of nitrogenous fertilizers. Allied to this practice, the irrigation, the type of inoculation and the management with nitrogenous fertilizers also need to be better studied. In the present work, two experiments were carried out, one for the soybean crop and the other for the corn crop, both with the same treatments, following a randomized block design with 7 treatments for both irrigated and non irrigated. The soybean and corn were sown on 11/07/2017 and 12/03/2018 in succession, with different inoculation methods of the bacterium *Azospirillum brasilense*, associated with the algae *Kappaphycus alvarezii* and application of nitrogen fertilizer, with and without irrigation: Treatment 1 - nitrogen fertilizer only; Treatment 2 - nitrogen + seaweed + bacteria in seed treatment; Treatment 3 - treatment 2 + bacterium in V3 of the culture; Treatment 4 - treatment 2 + algae in V3 of the culture; Treatment 5 - treatment 2 + bacteria + seaweed in V3 of the culture; Treatment 6 - treatment 2 + bacterium in V3 of the culture + algae in R1 of the culture; Treatment 7 - control without microorganisms. Irrigation gave the products better crop development results, but in the environment without irrigation the microorganisms acted with the moisture present in the soil from the precipitations and increased the development of the crops when compared to the control. The associated microorganisms provided increases in the analyzed variables even without irrigation. It was concluded that the action of the product in the plant provides better development in both water stress and irrigation conditions, although the last one presented more satisfactory results when comparing the irrigated and non-irrigated areas.

**Key words:** *Azospirillum brasilense*, *Kappaphycus alvarezii*, irrigation, *Glycine max*, *Zea mays*

## INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil como celeiro da agricultura mundial revela importantes avanços tecnológicos, demonstrando aumentos na produtividade agrícola ano a ano. Ainda que, o país apresente uma vasta área agrícola, é necessário desenvolver técnicas sustentáveis que melhorem o desenvolvimento agrícola da cultura da soja e milho.

A produção nacional de soja e milho é de 118 e 85 milhões de toneladas com produtividade de 3.360 e 5.100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O estado de Mato Grosso é o principal produtor desses grãos, produzindo na safra de 2017/2018, 32 milhões de toneladas de soja e 26 de milho (CONAB, 2018).

Dentre as tecnologias disponíveis, a irrigação desponta como uma eficiente técnica para a elevação de produtividade das culturas. Esta técnica, que se caracteriza pelo suprimento artificial das demandas hídricas das culturas, pode ser utilizada como única fonte de suprimento ou, de forma suplementar, somando-se a precipitação pluviométrica, sendo esta última a melhor opção pensando na cultura da soja e do milho.

Contudo, além da irrigação como tecnologia para aumentar a produtividade, o país investe em tecnologias que visam reduzir o consumo excessivo de adubos nitrogenados nessas culturas, destacando-se a utilização de bactérias benéficas às culturas, como o *Azospirillum brasilense* em co-inoculação ou em inoculação. Estas podem trazer ganhos consistentes para o agricultor sem a necessidade de grandes investimentos com fertilizantes químicos. Pesquisas conduzidas pela Embrapa, no Brasil, revelam que pode haver redução de até 25% do uso de fertilizantes nitrogenados de cobertura aplicados em plantios de altos rendimentos com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (EMBRAPA, 2015).

No Brasil, mais de 80% dos inoculantes comerciais para soja (inoculação convencional) são compostos pela mistura de *Bradyrhizobium japonicum* estirpe CPAC 15 (SEMIA 5079) e *B. diazoefficiens* (DELAMUTA et al., 2013) estirpe CPAC 7 (SEMIA 5080), com garantias de no mínimo 1x10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia (UFC mL<sup>-1</sup> ou grama de produto comercial).

Hungria et al. (2013) evidenciaram o potencial de bactérias do gênero *Azospirillum* como as Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCP). Sendo um gênero bacteriano de vida livre, endofítico facultativo e com certa especificidade por *poáceas*, dependendo da estirpe selecionada. Atualmente são

comercializados inoculantes à base de *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6 com garantias mínimas de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>.

Outro microrganismo que vem sendo estudado para melhoria do desenvolvimento da soja e do milho é a macroalga *Kappaphycus alvarezii*. Alguns pesquisadores já relataram a eficiência agrícola do extrato líquido de *K. alvarezii*, como exemplo: Rathore et al. (2009), que concluíram a sua eficácia em aumentar parâmetros de crescimento e rendimento na cultura de soja; Zodape et al. (2009) comprovaram o aumento de rendimento e da qualidade nutricional de grãos na cultura de trigo; e Prasad et al. (2010), que verificaram a resposta positiva na cultura de cana-de-açúcar. Acredita-se que as respostas fisiológicas benéficas obtidas nas plantas tratadas com extrato líquido de *K. alvarezii* estão relacionadas, principalmente, com o conteúdo de fitohormônios presentes no extrato.

No âmbito do agronegócio, o extrato de alga vem sendo testado como matéria-prima para produção de bioetanol e para uso na agricultura, como bioestimulante (NISIZAWA, 2006; MEENA, PRASAD e SIDDHANT, 2009; MATANJUN et al., 2010; HOLDT e KRAAN, 2011). Contudo, o uso do extrato líquido de *Kappaphycus alvarezii* foi testado em pulverização foliar, por Rathore et al. (2009), que realizaram um teste a campo para avaliação do efeito do extrato de alga no crescimento, produção e consumo de nutrientes na cultura de soja.

Ainda existem muitas lacunas e controvérsias sobre seu modo de ação, como influenciam na produtividade, qual a melhor idade fenológica e dose para a aplicação. Neste contexto, um questionamento que necessita ser respondido é se os reguladores vegetais podem influenciar a resposta de muitos órgãos da planta, pois estão envolvidos em processos de crescimento e desenvolvimento de um órgão ou tecido vegetal. Porém essa resposta está condicionada a alguns fatores como a fase fenológica da planta em que são aplicados e vários fatores ambientais (CASTRO et al., 2012). Cobucci et al. (2005) comentaram a importância da fase fenológica da planta no momento da aplicação, mostrando que o produto aplicado na mesma dose em estádios fenológicos diferentes não apresenta os mesmos resultados para a produtividade.

Visando contemplar a cultura da soja e do milho com os benefícios supracitados, pode-se destacar que a co-inoculação, que consiste na inoculação mista com ambos os organismos, alga *Kappaphycus alvarezii* + bactéria *Azospirillum brasilense*, pode ser uma alternativa para melhorar o desempenho

produtivo dessas culturas, em plantios sob diferentes condições ambientais como a disponibilidade hídrica, proporcionando resultados que revelem a eficiência do produto em condições de estresse hídrico e em condições favoráveis de necessidade hídrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, P. R. C.; SANTOS, V. M.; STIPP, S. R. 2012. Nutrição vegetal e biorregulação no desenvolvimento das plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 139, p. 9-15, 2012.

COBUCCI, T.; RUCK, F. J. W.; SILVA, J. G. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às aplicações de bioestimulante e complexos nutritivos. In: CONAFE, Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 8., 2005, Goiânia, **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 1078-1081, 2005.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2018. Brasília: CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acessado dia 18 de maio de 2018.

DELAMUTA, J. R.; RIBEIRO, R. A.; ORMEÑO-ORRILLO, E.; MELO, I. S.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; HUNGRIA, M. Polyphasic evidence supporting the reclassification of *Bradyrhizobium japonicum* group la strains as *Bradyrhizobium diazoefficiens* sp. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v. 63, p. 3342-3351, 2013.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária**. Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 124p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 382).

HOLDT, S. L. e KRAAN, S. Compostos bioativos em algas: aplicações em alimentos funcionais e legislação. **J Appl Phycol**, v. 23, p. 543-597, 2011.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 791-801, 2013.

MATANJUN, P.; MOHAMED, S.; MUHAMMAD, K.; MUSTAPHA, N. M. Comparação dos efeitos protetores cardiovasculares de algas tropicais, *Kappaphycus alvarezii*, *Caulerpa lentilifera* e *Sargassum polycystum* em lighcholesterol / dieta rica em gordura em ratos. **J. Med Food**, v. 13, p. 792-800, 2010.

MEENA, R.; PRASAD, K.; SIDDHANTA, A. K. Desenvolvimento de uma rede de hidrogel estável à base de agar-kappa carragenano mistura reticulada com genipina. **Alimentação hidrocolóide**, v. 26, p. 497-509, 2009.

NISIZAWA, K. **Algas kaiso: colheita abundante do mar**. SBN 90 75000 80 4, Reino Unido, 2006.

PRASAD, K.; KUMAR DAS, A.; OZA, M. D.; BRAHMBHATT, H.; SIDDHANTA, A. K.; MEENA, R.; ESWARAN, K.; RAJYAGURU, M. R.; GHOSH, P. K. Dectection and qualification of some plant growth regulators in a seaweed-based foliar spray employing a mass spectrometric technique sans chromatographic separation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 4594-4601, 2010.

RATHORE, S. S.; CHAUDHARY, D. R.; BORICHA, G. N.; GROSH, A.; BHATT, B. P.; ZODAPE, S. T.; PATOLIA, J. S. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. **South African Journal of Botany**, v. 75, p. 351-355, 2009.

ZODAPE, S. T.; MUKHERJEEA, S.; REDDYA, M. P.; CHAUDHARYA D. R. Effect of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex silva. extratact on grain quality, yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum*, L.). **International Journal of Plant Production**, v. 3, p. 97-101, 2009.

## Capítulo 01 - Efeito da associação biológica de *Kappaphycus alvarezii* e *Azospirillum brasilense* em coinoculação na cultura da soja

**Resumo:** Na busca por produtividades superiores na cultura da soja, a inoculação é uma prática que visa reduzir o uso de fertilizante nitrogenado, porém essa prática ainda precisa ser melhor esclarecida, no que tange ao momento em que microrganismos são necessários para iniciar o processo de fixação de nitrogênio. No presente trabalho avaliou o desempenho agrônômico da soja sob tratamentos de coinoculação com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* associada a alga *Kappaphycus alvarezii*, ambas inoculadas no tratamento de semente e, separadamente, reaplicadas em estágio V3 e R1 da cultura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em faixas, com quatro repetições e sete tratamentos, sendo: T1 – controle; T2 – somente adubo nitrogenado; T3 – nitrogênio + alga + bactéria no tratamento de semente; T4 – tratamento 2 + bactéria em V3 da cultura; T5 – tratamento 2 + alga em V3 da cultura; T6 – tratamento 2 + bactéria + alga em V3 da cultura; T7 – tratamento 2 + bactéria em V3 da cultura + alga em R1 da cultura, conduzidos na safra 2017/2018, na área experimental do CETEGEO-SR, pertencente a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Os dados climáticos foram monitorados para avaliar sua influência sobre os microrganismos e o desenvolvimento da cultura a campo. Foram realizadas avaliações em V7 e R5 onde foi observada a influência dos produtos para todas as variáveis analisadas exceto altura de plantas. A aplicação associada aos produtos em tratamento de semente e reaplicação em V3 foi o que se destacou para a produtividade. As aplicações realizadas em R1 não proporcionaram aumento de produtividade para a cultura da soja. A aplicação de somente um produto em V3 não proporcionou incrementos na produtividade.

**Palavras chave:** bactérias promotoras de crescimento, algas, *Glycine max* L.

## **Effect of biological association of *Kappaphycus alvarezii* and *Azospirillum brasilense* on soybean crop**

**Abstract:** In the search for higher yields in soybean cultivation, inoculation is a practice that aims to reduce the use of nitrogen fertilizer, but this practice still needs to be better clarified, regarding the moment when microorganisms are needed to start the process of fixing nitrogen. The present study evaluated the agronomic performance of soybean under strategies of co - inoculation with bacteria of the genus *Azospirillum brasilense* associated with *Kappaphycus alvarezii* algae, both inoculated in the treatment of seed and separately reapplied in the V3 and R1 stages of the culture. The experimental design was in randomized blocks in strips, with four replications and seven treatments, being: T1 - control; T2 - nitrogen fertilizer only; T3 - nitrogen + seaweed + bacteria in seed treatment; T4 - treatment 2 + bacterium in V3 of the culture; T5 - treatment 2 + algae in V3 of the culture; T6 - treatment 2 + bacteria + seaweed in V3 of the culture; T7 - treatment 2 + bacteria in V3 of culture + algae in R1 of the culture, conducted in the 2017/2018 crop, in the experimental area of CETEGEO-SR, belonging to the University of the State of Mato Grosso (UNEMAT). The climatic data were monitored to evaluate their influence on the microorganisms and the development of the crop to the field. Evaluations were carried out in V7 and R5 where the influence of the products was observed for all analyzed variables except plant height. The application associated with the products in seed treatment and reapplication in V3 was what stood out for productivity. The applications performed in R1 do not provide increased productivity for the soybean crop. The application of only one product in V3 did not provide increases in productivity.

**Key words:** growth promoting bacteria, algae, *Glycine max* L.

## INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações mundiais é a produção de alimentos que não acompanha o crescimento populacional, com isso a demanda por tecnologias e pesquisas que visam aumentar a produtividade no setor agrícola é crescente. Países desenvolvidos que não possuem espaço territorial suficiente para a produção de alimentos, necessitam realizar a importação desses produtos. Neste sentido, o estado de Mato Grosso se destaca no setor agrícola e agroexportador do Brasil, com uma produção de 30,6 milhões de toneladas de soja na safra 2017/2018, representando 27,45% da produção nacional (CONAB, 2018).

Entre as tecnologias disponíveis, para promover a maximização do rendimento em produtividade, está o uso de produtos biológicos. Bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), fungos e algas são exemplos de ferramentas que estão se tornando indispensáveis para diversas culturas, pelo fato de serem consideradas tecnologias de baixo custo e que podem trazer, quando bem utilizadas, acréscimos na produtividade, além de contribuir com a diminuição da necessidade de adubação química (FARIAS et al, 2007).

As bactérias do gênero *Azospirillum* apresentam considerável potencial de aplicação em sistemas agrícolas. Quando inoculadas em diversas espécies, apresentam mecanismos que influenciam no desenvolvimento da planta e na fixação biológica do nitrogênio, devido à estimulação da produção de hormônios pelas plantas, e a melhora dos parâmetros agronômicos da cultura (FIPKER, 2015). Contudo, exceto os trabalhos de coinoculação entre a bactéria *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*, pesquisas com *Azospirillum brasilense* associado a outros agentes biológicos ainda são muito incipientes (HUNGRIA, 2013).

Juntamente com a bactéria *Azospirillum brasilense*, com finalidade de maximizar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de algas tem crescido, principalmente por ser uma alternativa ao uso de fertilizantes e por ser ecologicamente correta (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011; JAYARAMAN et al., 2011; KUMAR; SAHOO, 2011). Uma pequena parcela dos produtos derivados das mais de 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas colhidas anualmente é utilizada como bioestimulante na agricultura, sendo contabilizados cerca de 25 produtos comercializados até o momento (KHAN et al., 2009). Dentre as algas

marinhas com potencial uso na agricultura, a classe mais estudada e empregada em escala comercial é das algas marrons, com destaque para macroalga *Ascophyllum nodosum*.

Vale ressaltar que outras macroalgas também possuem potencial de uso, levando principalmente em consideração a facilidade, a forma do seu cultivo e o conteúdo de hormônios que disponibilizam às plantas. Nesse contexto, pode-se destacar a alga vermelha *Kappaphycus alvarezii*, uma macroalga conhecida por ser amplamente empregada como fonte de fitocolóide na indústria alimentícia por sua capacidade estabilizante e sua facilidade de cultivo (KHAMBHATY et al., 2012).

Além da associação dos microrganismos, outro fator de extrema importância que afeta diretamente a eficiência de algas e bactérias, são as condições do ambiente. Deficiência ou excesso de água nos diferentes estádios da cultura causam redução na produtividade em diferentes proporções (PAULA JÚNIOR et al., 2008). A escassez de água também compromete o desenvolvimento e função da simbiose e prejudica a absorção de nutrientes (HUNGRIA et al., 2013).

O estresse hídrico é um importante fator de interferência na eficiência de microrganismos, principalmente no crescimento e sobrevivência das bactérias e algas, na formação e longevidade dos nódulos, na síntese de hemoglobina e nas funções do nódulo. Estresse severo por falta da água pode levar a interrupção irreversível da fixação do N<sub>2</sub> e outras atividades destes microrganismos (BIZARRO, 2004).

Na produção comercial da cultura da soja, a disponibilidade hídrica é o principal fator limitante ao rendimento da cultura, sendo que a precipitação pluvial, nas médias, apresenta-se suficiente para o atendimento da demanda potencial da cultura em todas as regiões do Estado de Mato Grosso. Porém, existem registros de quebras parciais e totais de safra em várias regiões do estado em função das estiagens ou “veranicos” que são períodos de déficit de chuva, que ocorrem muitas vezes, nos estádios reprodutivos de maior susceptibilidade hídrica da cultura, podendo ocasionar reduções significativas de produtividade e comprometer a eficiência de microrganismos.

Diante ao exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da associação biológica de *Kappaphycus alvarezii* e *Azospirillum brasilense* nas variáveis agronômicas da cultura da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em área experimental pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra - MT, localizada geograficamente a 14°39' de latitude Sul e 57°25' de longitude Oeste, com altitude média de 440 m, segundo dados do INMET. O clima da região é o tropical úmido megatérmico (Aw) de acordo com Köppen. Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são 24,4°C, 1.830 mm e 70 – 80%, respectivamente. As chuvas são praticamente concentradas de outubro a março e entre abril e setembro estabelece-se a estação seca de seis meses (DALLACORT et al., 2011).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, textura muito argilosa com 689 g de argila por kg de solo e relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 2006). Realizou-se adubação de acordo com análise de solo (Tabela 01) e recomendação para a cultura (Sfredo, 2008).

**Tabela 01**– Análise química\* do solo para a profundidade de 0-0,20 m da área experimental da UNEMAT em Tangará da Serra

Amostra	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	H+Al	S	CTC	V	M.O
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>			%	%	
1	6,45	3,60	101,66	4,32	2,66	1,66	0,00	2,71	2,71	9,06	7,29	62,83	2,96

\*LABORFORT - Análises Químicas LTDA, Cambira – PR. (setembro/2017)

Para a obtenção dos dados meteorológicos, utilizou-se de uma estação automática Campbell Scientific localizada em área próxima ao local da pesquisa. A estação possui um Data Logger CR1000 para armazenamento de dados, sensor CS 215 de temperatura (°C) e umidade relativa (%), sensor de pressão atmosférica (kPa) barômetro CS106 mede a variação de 500 a 1100 mb, sensor de radiação solar (MJ/m<sup>2</sup>) piranômetro CMP3, sensor de velocidade (m/s) e direção do vento (graus) anemômetro 03002-R.M. Young Wind, pluviômetro CS 700 rain gauge, sensor de molhamento foliar 237-L Grade sensor de umidade. As informações são disponibilizadas pelo laboratório de Agrometeorologia.

No preparo da área para a semeadura da soja a mesma foi dessecada 30 dias antes com o uso do herbicida Roundup transorb na dosagem de 2L ha<sup>-1</sup>.

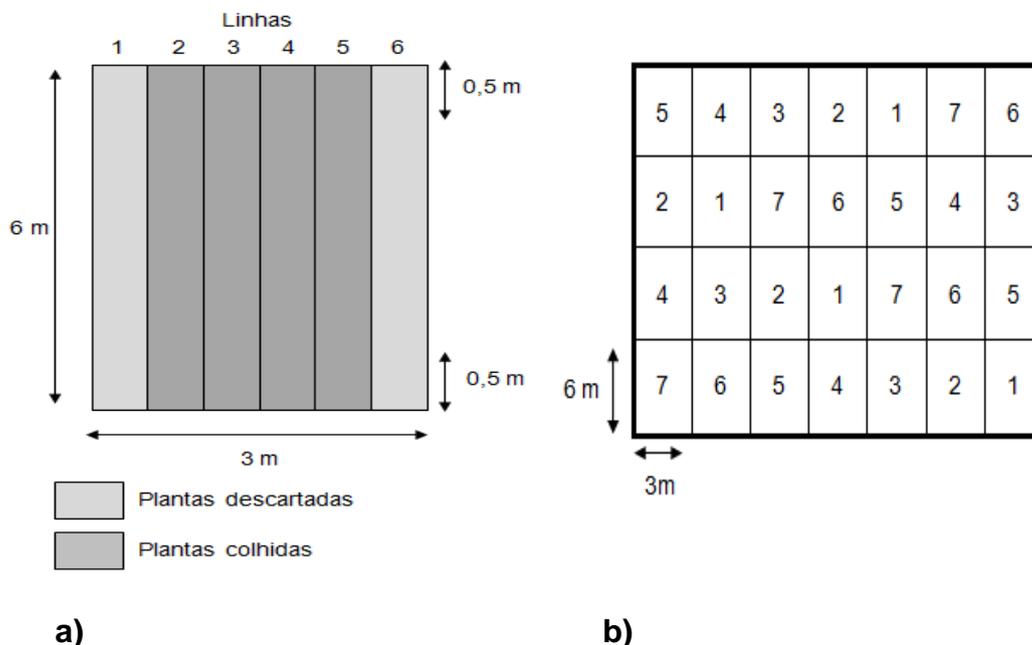
A cultivar utilizada foi a TMG 132 RR que possui hábito de crescimento determinado, ciclo de maturação classificado como 8.5, considerada de ciclo tardio,

tolerante a acamamentos, com alta estabilidade produtiva. Na semeadura, as sementes foram tratadas com 0,1 kg de produto comercial contendo piraclostrobina + tiofanato metílico e fipronil por 100 kg sementes. De acordo com análise de solo e as recomendações de Sfredo (2008) foram utilizados na semeadura 200 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado N-P-K (00-20-20), o qual foi aplicado a lanço 15 dias antes da semeadura.

A semeadura ocorreu no dia 07/11/2017 com uma semeadora Knapik modelo de série manual, em espaçamento de 0,45 m na entre linha e 15 plantas por metro linear com um total de 333.333 plantas por hectare.

Em todos os tratamentos, após amostragens e constatação do nível de controle, foi efetuado o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura da soja, com aplicações de defensivos registrados para a cultura, bem como a utilização de dosagens recomendadas pelo fabricante.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em faixas, com quatro repetições e sete tratamentos dispostos (Figura 01).



**Figura 01.** Croqui do experimento (a) e detalhe de uma parcela (b) na área experimental em Tangará da Serra, MT.

Nas faixas foram dispostos o fator irrigação, onde se teve os níveis com e sem a mesma, de acordo com a necessidade hídrica da cultura. Em cada faixa se teve a distribuição em cada bloco com os seguintes tratamentos:

**Tratamento 1:** Controle, as sementes não receberam inoculante nem adubação nitrogenada;

**Tratamento 2:** As sementes não foram coinoculadas, porém o solo recebeu adubação nitrogenada (na dose de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>). A aplicação foi realizada a lanço, parceladas em 50% da dose na semeadura e 50% aos 32 dias após emergência (estádio V6);

**Tratamento 3:** Sementes coinoculadas com a alga *K. alvarezii* na dose de 2,5 mL kg<sup>-1</sup> de semente e com o produto Grammy Crop, que consiste de Bactérias da espécie *A. brasilense* estirpes Ab-V5 e Ab-V6 com garantias de 2x10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia (UFC mL<sup>-1</sup> de produto comercial), na dosagem de 100 mL em 50 kg ha<sup>-1</sup> de sementes;

**Tratamento 4:** Sementes coinoculadas com a alga *K. alvarezii* na dosagem de 2,5 mL kg de semente<sup>-1</sup> e com o produto Grammy Crop na dosagem de 100 mL 50 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, estágio vegetativo V3 as plantas receberam a aplicação do inoculante Grammy Crop na dosagem de 300 mL ha<sup>-1</sup>;

**Tratamento 5:** Sementes coinoculadas com a alga *K. alvarezii* na dosagem de 2,5 mL kg<sup>-1</sup> de semente e com o produto Grammy Crop na dosagem de 100 mL 50 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, e, estando no estágio vegetativo V3, as plantas receberam a aplicação da alga *K. alvarezii* na dosagem de 500 mL ha<sup>-1</sup>;

**Tratamento 6:** Sementes coinoculadas com a alga *K. alvarezii* na dosagem de (2,5 mL kg<sup>-1</sup> de semente) e com o produto Grammy Crop na dosagem de 100 mL 50 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, e estando no estágio vegetativo V3 as plantas receberam a aplicação do inoculante Grammy Crop na dosagem de 300 mL ha<sup>-1</sup> e conjuntamente da alga *K. alvarezii* na dosagem de 500 mL ha<sup>-1</sup>;

**Tratamento 7:** Sementes coinoculadas com a alga *K. alvarezii* na dosagem de 2,5 mL kg de semente<sup>-1</sup> e com o produto Grammy Crop na dosagem de 100 mL 50 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, e estando no estágio vegetativo V3 as plantas receberam a aplicação do inoculante Grammy Crop, na dosagem de 300 mL ha<sup>-1</sup> e estando em estágio reprodutivo R1 a cultura recebeu a aplicação de *K. alvarezii* na dosagem de 500 mL ha<sup>-1</sup>.

As variáveis agronômicas foram avaliadas nos estádios vegetativos V7e R5 e na ocasião da maturação fisiológica aos 112 dias após semeadura R8 conforme FIPKE (2015).

Foram marcadas seis plantas para avaliação do número de nódulos, comprimento de raízes, massa verde de plantas e altura de plantas em V7, e outras seis plantas para as mesmas avaliações em R5. As raízes foram lavadas, realizando-se a contagem do número de nódulos (NNP, planta<sup>-1</sup>) conforme metodologia de SOUZA (2016).

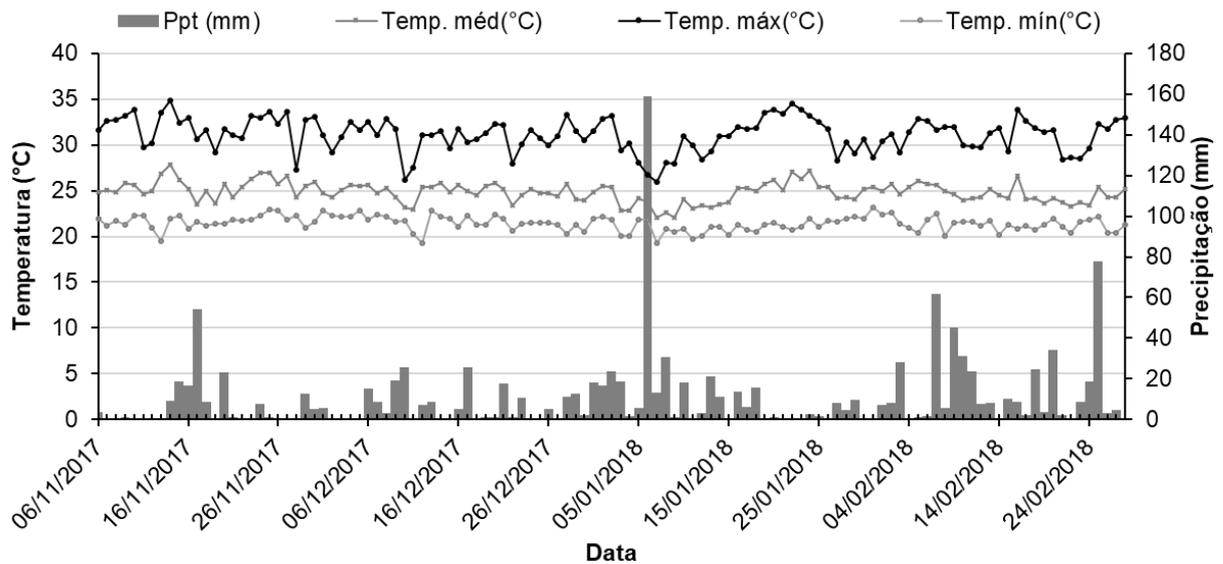
A colheita foi realizada no dia 25/02/2018, com as áreas úteis de cada parcela colhidas manualmente, sendo as plantas posteriormente trilhadas e os grãos limpos para a aferição e correção da umidade dos grãos (base 13 %) e determinação da produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) e massa de cem grãos (P100, g), conforme (SOUZA, 2016; FIPKER, 2015).

Os dados foram avaliados estatisticamente por meio da análise da variância (teste F), e por meio da aplicação do teste de comparação de médias Tukey (5% de probabilidade de erro), após os dados terem sido considerado normais pelo teste Shapiro-Wilk, com auxílio do software Sisvar na versão 5.6 (FERREIRA, 2011), para análises dos mesmos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 2 estão apresentados os dados relativos à precipitação pluvial e a temperatura máxima e mínima, em períodos decendiais, ocorrida durante a condução do experimento. No mês de novembro, quando se deu início a semeadura, a precipitação acumulada no mês foi 153,2 mm. O acumulado total da precipitação no decorrer do ensaio foi de 1.383,4 mm.

Esses dados corroboram os de Dallacort et al. (2011), sendo esse período relatado como estação chuvosa para essa região. Para a temperatura máxima e mínima, as médias foram de 31,52 °C e 21,28 °C, respectivamente. Segundo Meotti et al. (2012) em temperaturas entre 20 e 32 °C a cultura se desenvolve adequadamente dentro do ciclo previsto e observaram influencias variadas no desenvolvimento quando as plantas são submetidas a temperaturas fora dessa faixa.



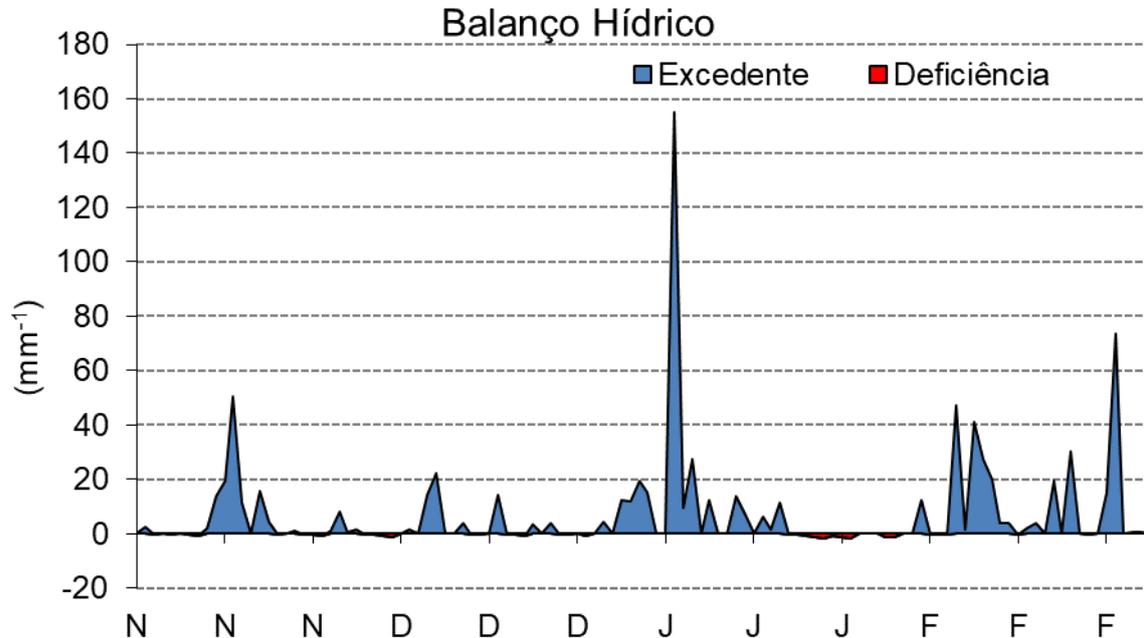
**Figura 02:** Valores diários de precipitação e temperaturas máxima, média e mínima para o período do experimento da cultura da soja em Tangará da Serra– MT.

O ano agrícola apresentou condições favoráveis de precipitação durante quase todo o ciclo da soja, porém após a semeadura da cultura da soja, houve um período de sete dias onde não ocorreu precipitação, não houve a necessidade de irrigação pois não havia ocorrido a germinação e a semente se manteve intacta até a ocorrência de chuva, neste início de período chuvoso outubro e novembro ocorrem comumente veranicos para essa região (BARBIERI, 2017). Após esse período ocorreram seis dias chuvosos consecutivos, proporcionando a germinação adequada e a cultivar teve o seu ciclo dentro do esperado para a mesma.

A disponibilidade de água via precipitação em mm para cada fase de desenvolvimento foi de: fase vegetativa aos 39 Dias Após Semeadura (DAS) com 259 mm; florescimento aos 46 DAS com 52 mm; enchimento de grãos aos 60 DAS com 456 mm e na fase de maturação aos 88 DAS até a colheita aos 112 DAS com 414 mm, com somatório de 1181 mm. Segundo Fioreze et al (2011), avaliando níveis de déficits hídricos na cultura da soja esses valores nos assegura dizer que no período do experimento, as chuvas atenderam satisfatoriamente a necessidade da cultura.

Para representar a disponibilidade de água por precipitação, foi realizado o balanço hídrico diário (Figura 03), onde observou-se picos de excedentes hídricos e

uma pequena fase de deficiência aos 75 dias após a semeadura, período terminal de enchimento de grãos, a qual não afetou a produtividade.



**Figura 03:** Balanço hídrico diário para a cultura da soja semeada em 07/11/2018 no município de Tangará da Serra – MT.

Relacionando a evapotranspiração potencial com a evapotranspiração real da cultura por dia, obtivemos o somatório da deficiência hídrica em mm para cada fase de desenvolvimento onde: fase vegetativa aos 39 DAS com 5,67 mm; florescimento aos 46 DAS com 1,68 mm; enchimento de grãos aos 60 DAS com 12,54 mm e na fase de maturação aos 88 DAS até a colheita aos 112 DAS com 1,54 mm de déficits, com somatório de 21,43 mm, este déficit distribuído entre o ciclo da cultura não afetou seu desenvolvimento nem seu potencial produtivo.

Na Tabela 02, está apresentada a análise de variância no estágio vegetativo V7 para: altura total da planta, comprimento de raiz por planta, número de nódulos por planta e massa verde por planta, onde nota-se que apenas para a altura de planta não foi observada diferença significância entre os tratamentos.

**Tabela 02:** Análise de Variância para as variáveis analisadas em V7: Grau de liberdade (GL), Soma dos quadrados (SQ), Quadrado médio (QM), teste F (F), Coeficiente de variação (CV).

Fonte de variação/ Variáveis		GL	SQ	QM	p-valor	CV%
Altura de planta (cm)	Trat	6	47,34	7,89	0,16ns	4,43
	Rep	3	9,88	3,29	0,56ns	
	Erro	18	187,51	10,42		
Comprimento de Raiz (cm)	Trat	6	162,90	27,15	0,00**	7,87
	Rep	3	4,85	1,62	0,60ns	
	Erro	18	99,75	5,54		
Número de nódulos (und.)	Trat	6	712,91	118,82	0,00**	9,03
	Rep	3	14,79	4,93	0,49ns	
	Erro	18	235,69	13,09		
Massa verde da planta (g)	Trat	6	207,48	34,58	0,00**	1,81
	Rep	3	3,04	0,01	0,17ns	
	Erro	18	22,74	1,26		

Análise de Variância: ns não significativo, \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) e \* significativo ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste F.

No período de avaliação em V7 houve aumento no comprimento da raiz para os tratamentos 4, 5 e 6, os quais tiveram aplicação da alga e bactéria na semeadura e receberam outra aplicação da alga e bactéria na fase vegetativa V3 da cultura. Costa (2015) e Fipker (2015), em seus trabalhos com *K. alvarezii* e *A. brasilense*, concluíram que a utilização destes microrganismos seja em tratamento de semente ou aplicação foliar, auxiliou em maiores incrementos nos parâmetros de comprimento de raiz, desenvolvimento inicial, altura de planta, inserção da primeira vagem e número de grãos na cultura da soja. Isso ocorre segundo Sousa (2016) devido ao extrato da alga *K. alvarezii* disponibilizar micronutrientes, hormônios e adicionalmente, podem também conter compostos quelantes como o manitol, que pode incrementar a disponibilidade de micronutrientes no solo e também realizar a mineralização de nutrientes para a cultura (Tabela 03).

**Tabela 03:** Teste de médias da primeira avaliação em (V7).

Tratamentos	Altura de planta (cm)	Comprimento de Raiz (cm)	Número de nódulos (unid.)	Massa verde da planta (g)
1	47,16	18,58 b	29.91 cd	40,38 d
2	48,23	18,75 b	25.91 d	40,47 d
3	51,97	18,82 b	35.91 b	42,58 c
4	48,70	21,70 ab	32.58 bc	43,62 bc
5	49,73	19,83 ab	33.66 bc	42,88 c
6	49,32	22,66 a	42.41 a	45,89 a
7	47,08	18,58 b	32.75 bc	44,87 ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Descrição dos tratamentos: T1 – controle; T2 – adubação nitrogenada; T3 – alga + bactéria no tratamento de semente; T4 – alga + bactéria no tratamento de semente bactéria em V3; T5 - alga + bactéria no tratamento de semente alga em V3; T6 - alga + bactéria no tratamento de semente alga + bactéria em V3; T7 - alga + bactéria no tratamento de semente bactéria em V3 e alga em R1.

Também podemos notar que para número de nódulos e massa de verde da planta, a T6 apresentou os maiores valores, 42,41 e 45,89 unidades respectivamente, evidenciando a eficiência da aplicação dos produtos em conjunto na semeadura e na fase vegetativa V3 (Tabela 3). Os menores valores foram encontrados nos tratamentos que não receberam aplicação dos produtos à base de algas e bactérias, portanto no T1 e no T2 (Tabela 3).

Os números de nódulos são prejudicados com a aplicação de nitrogênio. Isso foi observado por (HERDANI, 2002), que avaliaram a aplicação de N na semeadura da soja e afirmam que a cultura não responde a essa adubação e ainda apontam que o N causa redução da nodulação pela imobilização do N mineral do solo, sendo este responsável pela nodulação da soja.

Fipker (2015), trabalhando com a associação de *A. brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*, também observou eficiência na associação destes microrganismos para as variáveis altura de planta, inserção da primeira vagem, número de grãos e número de nódulos por planta para cultura da soja. A importância da nodulação das plantas é enfatizada por Vollmann et al. (2011), que evidenciaram relação com aumento no teor de clorofila das folhas. Devido à alta correlação entre teor de clorofila e o teor de nitrogênio nas plantas (ARGENTA et al., 2001).

Com relação à altura de planta, para o período de avaliação em fase vegetativa V7, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Ruviano et al. (2011) observaram que a altura de planta habitualmente varia em função da população de plantas, porém, quando a disponibilidade de água no solo é insuficiente nas fases iniciais da cultura, está expressa uma menor altura, desta forma, demonstrando que não houve deficiência hídrica no experimento, onde todas os tratamentos mantiveram suas respectivas alturas de planta.

A Tabela 04 traz a análise de variância no estágio reprodutivo em R5, para altura total da planta, comprimento de raiz por planta, número de nódulos por planta e massa verde por planta. Nota-se novamente que, somente para a variável altura de plantas, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

**Tabela 04:** Análise de Variância para as variáveis analisadas em R5: Grau de liberdade (GL), Soma dos quadrados (SQ), Quadrado médio (QM), teste F (F), Coeficiente de variação (CV).

Fonte de variação/ Variáveis		GL	SQ	QM	p-valor	CV%
Altura de planta (cm)	Trat	6	78,85	13,14	0,17ns	2,65
	Rep	3	56,61	18,87	0,09ns	
	Erro	18	321,69	17,87		
Comprimento de Raiz (cm)	Trat	6	96,16	16,03	0,00**	4,96
	Rep	3	6,46	2,15	0,22ns	
	Erro	18	54,72	3,04		
Número de nódulos (und.)	Trat	6	9021,15	1503,52	0,00**	7,86
	Rep	3	72,44	24,15	0,18ns	
	Erro	18	556,12	30,89		
Massa verde da planta (g)	Trat	6	3662,38	610,40	0,00**	6,33
	Rep	3	399,82	133,27	0,01**	
	Erro	18	1265,21	70,29		

Análise de Variância, ns não significativo, \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) e \* significativo ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste F.

Para as variáveis comprimento de raiz, número de nódulos e massa verde da planta o Tratamento 6, enquanto os tratamentos com os menores valores foram o 1 e o 2, nos quais não ocorreu aplicação da alga e bactéria (Tabela 5).

**Tabela 05.** Teste de médias da segunda avaliação (R5).

Tratamentos	Altura de planta (cm)	Comprimento de Raiz (cm)	Número de nódulos (unid.)	Massa verde da planta (g)
1	107,25	21,66 c	28,83 d	77,37 c
2	107,58	21,91 bc	34,91 cd	80,52 bc
3	111,50	23,08 abc	40,33 c	88,96 abc
4	107,00	24,41 ab	50,83 b	93,82 a
5	106,50	24,91 a	60,91 a	92,54 ab
6	110,95	25,08 a	65,41 a	98,50 a
7	107,41	23,58 abc	64,83 a	93,55 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. T1 – controle; T2 – adubação nitrogenada; T3 – alga + bactéria no tratamento de semente; T4 – alga + bactéria no tratamento de semente bactéria em V3; T5 - alga + bactéria no tratamento de semente alga em V3; T6 - alga + bactéria no tratamento de semente alga + bactéria em V3; T7 - alga + bactéria no tratamento de semente bactéria em V3 e alga em R1.

Com relação às médias de todas as variáveis onde se teve diferença significativa, constata-se que para o período de avaliação em R5, foi observada diferença entre os tratamentos que não foram aplicados os produtos, os quais apresentaram médias inferiores e os tratamentos que foram aplicados os produtos, os quais apresentaram valores superiores, não diferindo entre si.

Observa-se nesta avaliação que todos os tratamentos, com exceção da testemunha absoluta e tratamento 2, não apresentaram diferença estatística, porém o tratamento 6 (alga associada a bactéria no tratamento de semente reaplicada em V3), obtiveram, o melhor resultado entre todos os tratamentos para as variáveis comprimento de raiz, número de nódulos e massa verde por planta.

Mumbach (2017), trabalhando com associação de *A. brasilense* e *B. japonicum*, também constatou diferenças significativas em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja nas variáveis produtividade, número de nódulos e massa verde, demonstrando a eficiência do uso de organismos biológicos em associação, dados que corroboram este trabalho. Fipker (2015), também trabalhando com associação de microrganismos, observou eficiência da associação de microrganismos na cultura da soja apresentando maior altura de planta e maior acúmulo de biomassa.

Para as variáveis produtividade e massa de cem grãos observamos significância entre os tratamentos (Tabela 06).

**Tabela 06:** Análise de Variância para as variáveis: Grau de liberdade (GL), Soma dos quadrados (SQ), Quadrado médio (QM), teste F (F), Coeficiente de variação (CV).

Fonte de variação/ Variáveis		GL	SQ	QM	p-valor	CV%
Produtividade	Trat	6	723686,83	120614,47	0,00**	
	Rep	3	61279,89	20426,63	0,46ns	5,56
	Erro	18	907108,41	50394,91		
Massa de cem grãos	Trat	6	19,48	3,255	0,00**	
	Rep	3	0,81	0,72	0,60ns	3,21
	Erro	18	16,99	0,94		

Análise de Variância, ns não significativo, \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) e \* significativo ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste F.

Na Tabela 07 estão apresentadas as médias de massa de cem grãos. Essa variável não influenciou a produtividade visto que alguns estresses nutricionais provocam redução do número de grãos por planta e aumento da massa de cem grãos, portanto uma planta em ambiente favorável produz grãos uniformes e regulares.

**Tabela 07:** Teste de médias pós-colheita: Produtividade e massa de cem grãos (MCG).

Tratamentos	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	MCG (g)
1	2.614,72 b	20,42 ab
2	2.636,25 b	19,42 b
3	2.786,25 ab	21,67 a

4	2.832,50 ab	20,53 ab
5	2.841,25 ab	21,79 a
6	2.986,25 a	21,16 a
7	2.940,00 ab	20,50 ab

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. T1 – controle; T2 – adubação nitrogenada; T3 – alga + bactéria no tratamento de semente; T4 – alga + bactéria no tratamento de semente bactéria em V3; T5 - alga + bactéria no tratamento de semente alga em V3; T6 - alga + bactéria no tratamento de semente alga + bactéria em V3; T7 - alga + bactéria no tratamento de semente bactéria em V3 e alga em R1.

Barzotto (2015) observou em seu trabalho que a planta de soja em condições de déficit nutricional aborta flores e reduz número de vagem e grãos por planta, e quando realizado algum tipo de reposição nutricional, suas vagens produzirão grãos maiores devido ao seu número reduzido, mas mesmo assim sua produtividade ficará reduzida.

Silva (2014), avaliando cultivares e épocas de semeadura para a mesma cultivar, observaram produtividades semelhantes próximas a 3000 kg ha<sup>-1</sup> e concluíram que semeaduras realizadas no início de novembro favorecem a cultura, pois não há déficit hídrico na fase reprodutiva e, como observado neste trabalho aos 60 DAE ocorreram precipitações com lâminas acima dos 20 mm. Apesar das condições climáticas terem sido favoráveis, épocas de semeadura podem ter influências nas variáveis agronômicas da cultura, semeadura mais tardia, podem ocasionar florescimento precoce com diminuição no ciclo vegetativo e consequentemente provocando a queda na produtividade (MARQUES et al., 2011).

Conforme observado na tabela 7, as maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos que receberam a alga e a bactéria. Já a T1 e T2 obtiveram as menores produtividades, visto que estes não receberam nenhum microrganismo via aplicação no tratamento de semente e foliar. Em T6, que recebeu aplicação de alga associada a bactéria no tratamento de semente reaplicada em V3, houve um acréscimo na produtividade de 14,21 % em comparação com o controle.

Com relação à eficiência da associação dos microrganismos *A. brasilense* e *K. alvarezii*, Fipker (2015), trabalhando com coinoculação de *A. brasilense* na cultura da soja, e Costa (2015), trabalhando com a alga *K. alvarezii*, também constataram produtividades superiores nas condições avaliadas, demonstrando que associações de agentes biológicos são benéficas para a cultura da soja.

Comparando o controle (T1) com T6, houve um acréscimo na produtividade de 372 kg ha<sup>-1</sup>. O produto comercial contendo a bactéria tem um custo de R\$ 8,00 por ha<sup>-1</sup> no tratamento de semente, para a alga o custo é de R\$ 25,00 por ha<sup>-1</sup> no tratamento de semente no caso para reaplicações via foliar o custo dobra para ambos os produtos chegando a R\$ 66,00 por ha<sup>-1</sup>. Dessa forma com um custo de 66 reais por há tem-se um retorno de 372 kg ha<sup>-1</sup> do grão, portanto cabe ao produtor saber o custo de sua produção para tomar a decisão de aplicar ou não.

## CONCLUSÕES

1 - A associação de *Kappaphycus alvarezii* + *Azospirillum brasilense* na semeadura e no estágio vegetativo V3, mostrou-se eficiente como um manejo nutricional alternativo para a cultura da soja.

2 – A reaplicação da alga em R1 não promoveu aumentos significativos na produtividade da cultura da soja.

3 – A reaplicação isolada do produto (bactéria ou alga) não proporciona aumentos de produtividade.

4 – A aplicação associada dos dois produtos biológicos favoreceu o desenvolvimento da cultura quanto as características fenotípicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G. et al. Relação entre teor de clorofila extraível e leitura do clorofilômetro na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, p.158-167, 2001.

BARBIERI J. D. Fenômenos ENOS e produção de soja e milho safrinha no estado de Mato Grosso 2017 100 f. **Dissertação**. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ambientes e Sistemas de Produção Agrícola. Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2017.

BARZOTTO, F. **Nitrogênio e água como fatores de produtividade da soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 2015. 59p. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Água e Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

BIZARRO, M. J. Inoculação de soja em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. 2004 60f. **Dissertação**. Programa de Pós-graduação em Ciência do solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2018. Brasília: CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acessado dia 18 de maio de 2018.

COSTA M. A. Avaliação do potencial do extrato da macroalga marinha *kappaphycus alvarezii* como fertilizante orgânico, para uso via tratamento de semente pulverização foliar na cultura de soja. 2015 69f. **Dissertação**. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant Science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, p. 371-393, 2011.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/5838>>.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: **Embrapa Soja**, 2007. 9p. (Circular Técnica, 48).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIPKER, G. M. **Co-inoculação e pré-inoculação de sementes em soja**. 2015. 67p. Dissertação de Mestrado (Produção Vegetal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

FIGEZE, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R.; GUIMARÃES, V. F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 342–349, 2011.

HERDANI, E. E. **Influência da umidade do solo na nodulação da soja**. 2015. 57p. Dissertação de Mestrado (Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculação de soja e feijão com rizóbio e azospirilla: estratégias para melhorar a sustentabilidade. **Revista Biologia e Fertilidade do solo**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

JAYARAMAN, J.; NORRIE, J.; PUNJA, Z. K. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, p. 353-361, 2011.

KHAMBHATY Y.; MODY K.; GANDHI MR.; THAMPY S.; MAITI P.; BRAHMBHATT H.; ESWARAN K.; GHOSH P. K. *Kappaphycus alvarezii* as a source of bioethanol. **Bioresour Technol**, v. 1, n. 103, 2012.

KHAN, W.; RAUIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as bioestimulants of plant growth and development. **Jornal of Plant Growth Regulation**, v. 28, p. 386-399, 2009.

KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. PusaGold. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, p. 251-255, 2011.

MARQUES, M. C.; HAMAWAKI, O. T.; SEDIYAMA, T.; BUENO, M. R.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 59-69. 2011.

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 14–21, 2012.

MUMBACH, G.L.; KOTOWSKI, I.E.; SCHNEIDER, F.J.A.; MALLMANN, M.S.; BONFADA, E.B.; PORTELA, V.O.; BONFADA, E.B.; KAISER, D.S. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. Revista **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; COELHO, R. R.; CARNEIRO, J. E. S.; ANDRADE, M. J. B.; RESENDE, A. M. (Coord.). **Informações técnicas para o cultivo de feijoeiro-comum na região central brasileira: 2007-2009**. Viçosa: EPAMIG-CTZM, 2008. 180 p. (Séries Documentos, 42).

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RUVIARO, C.; DORNELES, J. G. L.; SILVA, A. M. da; BEN, C. A. V. Comportamento da soja submetida a diferentes regimes hídricos e viabilidade da irrigação suplementar na região do Vale do Jaguari-RS. **Perspectiva**, v. 35, n. 131, p. 79–90, set. 2011.

SFREDO, G. J. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Londrina: **Embrapa Soja**, 2008. 147 p. (Embrapa Soja. Documentos, 305).

SILVA, P. I. B.; FONTES, D. R.; MORAES, H. M. F.; GONÇALVES, V. A.; SILVA, D. V.; FERREIRA, L. R.; FELIPE, R. S. Crescimento e rendimento do milho e da braquiária em sistema consorciado com diferentes manejos de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 301-309, 2014. Doi: 10.1590/S0100-83582014000200007.

SOUZA, L. G. M. **Otimização da fixação biológica de nitrogênio na soja em função da reinoculação em cobertura sob plantio direto** 2016. 72p. Dissertação de Mestrado (Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

VOLLMANN, J. et al. Digital image analysis and chlorophyll metering for phenotyping the effects of nodulation in soybean. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.75, p.190-195, 2011.

## Capítulo 02 - Efeito da irrigação na associação biológica de *Kappaphycus alvarezii* e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho

**Resumo:** A cultura do milho apresenta respostas significativas com aumento da dosagem de adubos nitrogenados, contudo esse aumento requer um custo elevado de produção. Uma das alternativas para redução no consumo desses fertilizantes é a inoculação de sementes com bactérias diazotróficas que possuem a capacidade de fixar N atmosférico no solo. No presente trabalho, foram conduzidos experimentos para avaliar o desempenho agrônômico do milho sob dois ambientes, irrigado e não irrigado, com duas opções de inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* associadas a alga *Kappaphycus alvarezii*, ambas inoculadas na semente e separadamente reaplicadas em estágio V3 e V7 da cultura, testando sua ação individual e associada. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em duas faixas, com quatro repetições e 7 tratamentos, conduzidos na área experimental do CETEGEO-SR, pertencente a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus de Tangará da Serra. Os dados climáticos foram monitorados para avaliar sua influência sobre os microrganismos e o desenvolvimento da cultura a campo. Devido a semeadura para o milho safrinha ter sido realizada em março, no período de florescimento e enchimento de grãos, observou-se déficit hídrico para a cultura e este fato possibilitou identificar a ação dos produtos sob condições de estresse hídrico. Notou-se que a irrigação potencializou o efeito dos microrganismos pelo fato de potencializar a manutenção da umidade do solo. Mesmo para o ambiente não irrigado a cultura apresentou melhores resultados no tratamento onde houve inoculação associada dos produtos na semente e reaplicação em estágio V3 da cultura.

**Palavras chave:** coinoculação, bactérias promotores de crescimento, *Zea mays*, irrigação

## **Effect of irrigation on the biological association of *Kappaphycus alvarezii* and *Azospirillum brasilense* in maize**

**Abstract:** The maize crop presents significant responses with increased nitrogenous fertilizer dosage, however, this increase requires a high cost of production. One of the alternatives to reduce the consumption of these fertilizers is the inoculation of seeds with diazotrophic bacteria that have the capacity to fix atmospheric N in the soil. In the present work, experiments were carried out to evaluate the agronomic performance of corn under two environments, irrigated and non - irrigated, with two strategies of inoculation with *Azospirillum brasilense* genus associated with *Kappaphycus alvarezii* algae, both inoculated in the seed and separately reapplied in the V3 stage and V7 of the culture, testing their individual and associated action. The experiment was carried out in the experimental area of CETEGEO-SR, belonging to the University of the State of Mato Grosso (UNEMAT), Campus of Tangará da Serra, Brazil, in a randomized complete block design with two replicates and seven treatments. The climatic data were monitored to evaluate their influence on the microorganisms and the development of the crop to the field. Due to the sowing for the corn crop, the crop deficit was observed in March, during the period of flowering and filling of grains, and this fact made it possible to identify the action of the products under conditions of water stress. It was observed that irrigation potentiated the effect of microorganisms by potentiating soil moisture maintenance. Even for the non-irrigated environment, the crop presented better results in the treatment where there was an associated inoculation of the products in the seed and reapplication in the V3 stage of the crop.

**Key words:** association, bacteria, algae, maize.

## INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa atualmente a terceira posição entre os maiores produtores de milho no mundo, sendo superado apenas por Estados Unidos e China, sendo que isto se deve ao fato do país ter vasta área agrícola (FAO, 2018). A produção no país para a safra 2017/18 foi de 85,56 milhões de toneladas, distribuídas entre a primeira safra com 29,42 milhões de toneladas e a segunda safra com 55,62 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Segundo a CONAB (2018), a produtividade média obtida no estado de Mato Grosso para o ano agrícola 2017/18, considerando a área total semeada, ficou em 6.254 kg ha<sup>-1</sup>, onde essa boa produtividade pode ser relacionada às condições climáticas favoráveis como a ocorrência de chuva.

A cultura do milho é altamente influenciada pela deficiência hídrica. A utilização da irrigação garante um crescimento significativo na produtividade, porém essa prática ainda é pouco utilizada no estado de Mato Grosso, devido ao seu amplo território agricultável e o alto custo de implantação do sistema. A disponibilidade hídrica para a cultura do milho está diretamente relacionada à absorção de nitrogênio (N) em seu metabolismo. Isso acontece porque o N é o nutriente exigido e absorvido em maior quantidade pelo milho, e o que mais frequentemente limita a produtividade de grãos, essencial para o desenvolvimento das plantas (SANGOI et al., 2015).

O N serve como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, tais como aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, enzimas e coenzimas, glicoproteínas, lipoproteínas, pigmentos incluindo a clorofila e produtos secundários (MALAVOLTA, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2009).

Portanto, a deficiência de N rapidamente inibe o crescimento vegetal, afetando o desenvolvimento de raízes, a fotossíntese e a respiração, a formação de folhas, a síntese de compostos nitrogenados, a absorção iônica, a multiplicação e diferenciação celular, dentre outras (FONSECA, 2014).

Segundo Pavinatto et al. (2008), a máxima eficiência técnica em milho irrigado é obtida com aplicação de 283 a 289 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os autores ressaltaram que essa quantidade é observada em condições de cultivo irrigado, podendo diminuir muito em condições de sequeiro.

O maior fator limitante à produtividade e lucratividade na cultura do milho no Brasil é a alta exigência em adubos nitrogenados que são importados e consumidos

em grande escala. Uma das alternativas para manutenção do rendimento do milho com redução no consumo desses fertilizantes nitrogenados é a inoculação de sementes com bactérias diazotróficas, ou seja, microrganismos que possuem a capacidade de fixação de N atmosférico no solo, deixando-o disponível às plantas.

Desde meados da década de 1970, tem-se pesquisado a interação entre *Azospirillum brasilense* e espécies cultivadas, tanto para promover o crescimento de raízes como para a fixação biológica de nitrogênio (LIN et al., 2009). No Brasil, a *A. brasilense* é a principal espécie de bactéria, sendo pesquisada para a inoculação das culturas de milho e trigo (HUNGRIA et al., 2010).

O N fixado pela bactéria torna-se disponível para a planta de milho, pela excreção direta da bactéria ou pela mineralização de bactérias mortas, não existindo uma relação de simbiose como a que ocorre, por exemplo, entre as raízes da soja e *Bradyrhizobium japonicum*. Nessa associação não simbiótica ocorre a colonização da rizosfera pelas bactérias e não há penetração delas nos tecidos radiculares nem formação de nódulos.

Além disso, essas bactérias estimulam a produção de hormônios nas plantas, como a auxina, que promove o crescimento de raízes, refletindo em maior capacidade de uso de água e nutrientes, sobretudo em situações de seca ou salinidade (TIEN et al., 1979).

Outro microrganismo que também está sendo estudado para otimizar o nitrogênio aplicado e reduzir sua quantidade de aplicação é a alga vermelha (*Kappaphychus alvarezii*), uma macroalga conhecida por ser amplamente empregada devido a sua facilidade de cultivo (KHAMBHATY et al., 2012). No processo para obtenção deste composto, existe a formação de uma biomassa sólida, rica em polissacarídeos, usada como matéria-prima para produção da carragenana (solução antibacteriana) e a formação de um extrato líquido, que vem sendo avaliado na agricultura (ESWARAN et al., 2005).

Alguns pesquisadores já relataram a eficiência agrícola desse extrato líquido de *K. alvarezii*, como exemplo: Rathore et al. (2009), que concluíram a sua eficácia em aumentar parâmetros de crescimento e rendimento na cultura de soja; Zodape et al. (2009) comprovaram o aumento de rendimento e da qualidade nutricional de grãos na cultura de trigo; e Prasad et al. (2010), que verificaram a resposta positiva na cultura de cana-de-açúcar. Para o cultivo de milho, Bulla et al. (2012) avaliaram a

inoculação de *A. brasilense* em semeadura comparando com diferentes doses de nitrogênio.

Nesse contexto, Hungria (2011) comenta que as projeções são de que, nos próximos anos, haverá incremento substancial no uso de fertilizantes no Brasil para atender à intensificação da agricultura e à recuperação de áreas degradadas. O mercado brasileiro de fertilizantes é frágil e com grande dependência das importações, sendo fundamental, encontrar alternativas para o uso mais eficiente dos fertilizantes.

No Brasil, esta técnica de utilização de microrganismos para otimização dos adubos nitrogenados, pode gerar uma economia de 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de adubo sintético (FANCELLI, 2010).

Neste contexto esta pesquisa visou avaliar o efeito da associação biológica de *K. alvarezii* e *A. brasilense* e a adubação nitrogenada nas variáveis agronômicas da cultura do milho em ambiente irrigado e não irrigado para a região de Tangará da Serra – MT.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental do CETEGEO-SR na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra - MT, localizado geograficamente a 14°39' de latitude Sul e 57° 25' de longitude Oeste, com altitude média de 440 m, segundo dados do INMET. O clima da região é o tropical úmido megatérmico (Aw) de acordo com Köppen e Geiger (1928). Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são 24,4 °C, 1.830 mm e 70 – 80 % respectivamente. As chuvas são praticamente concentradas de outubro a março e entre abril e setembro estabeleceu-se a estação seca de seis meses (DALLACORT et al., 2011).

O solo é classificado como Latossolo vermelho distroférico, textura muito argilosa com 689 g de argila por kg de solo e relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 2006). Foram realizadas correções de acidez do pH e adubação, ambas de acordo com análise de solo (Tabela 01) e recomendação para a cultura (SFREDO, 2008).

**Tabela 01**– Análise química\* do solo para a profundidade de 0-0,20 m da área experimental da UNEMAT em Tangará da Serra.

Amostra	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	H+Al	S	CTC	V	M.O
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>		%	%	
1	6,45	3,60	101,66	4,32	2,66	1,66	0,00	2,71	2,71	9,06	7,29	62,83	2,96

\*LABORFORT - Análises Química LTDA, Cambira – PR. (Setembro/2017)

Para o cálculo da evapotranspiração de referência - ETo utilizou-se da metodologia de Penman-Monteith, proposta por Allen et al. (1998), observada na Eq. 1.

$$E_{To} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,3U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ETo - evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

Rn - radiação solar líquida sobre a cultura (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

G - densidade do fluxo de calor do solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

T - temperatura do ar a dois metros de altura (°C);

U<sub>2</sub> - velocidade do vento a dois metros de altura (m s<sup>-1</sup>);

e<sub>s</sub> - pressão de saturação de vapor (kPa), que é estimada pela média de e<sub>s</sub> (T<sub>máx</sub>) e e<sub>s</sub> (T<sub>mín</sub>);

e<sub>a</sub> - pressão atual de vapor (kPa);

e<sub>s</sub> – e<sub>a</sub> - déficit de pressão e saturação de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>);

Δ - curva de pressão de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>); e,

γ - constante psicométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

Para a obtenção dos dados meteorológicos, utilizou-se de uma estação automática Campbell Scientific localizada na própria universidade. A estação possui um Data Logger CR1000 para armazenamento de dados, sensor CS 215 de temperatura (°C) e umidade relativa (%), sensor de pressão atmosférica (kPa) barômetro CS106 mede a variação de 500 a 1100 mb, sensor de radiação solar (MJ/m<sup>2</sup>) piranômetro CMP3, sensor de velocidade (m/s) e direção do vento (graus) anemômetro 03002-R.M. Young Wind, pluviômetro CS 700 raingauge, sensor de

molhamento foliar 237-L Grade sensor de umidade. As informações são disponibilizadas pelo laboratório de Agrometeorologia.

O trabalho foi dividido em dois ambientes correspondentes às faixas de cultivo, irrigado e não irrigado. Em sistema irrigado a quantificação da lâmina aplicada seguiu o cálculo de 130% da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), proposto por Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), utilizando sistema por aspersão dimensionado em 12 x 12 m com aspersores Fabrimar, modelo A232 ECO, sob pressão de 30 m.c.a., aplicando uma lâmina média de 9,59 mm h<sup>-1</sup>.

A área experimental foi dessecada 30 dias antes da semeadura com o herbicida Glifosato na dosagem de 2 L ha<sup>-1</sup>.

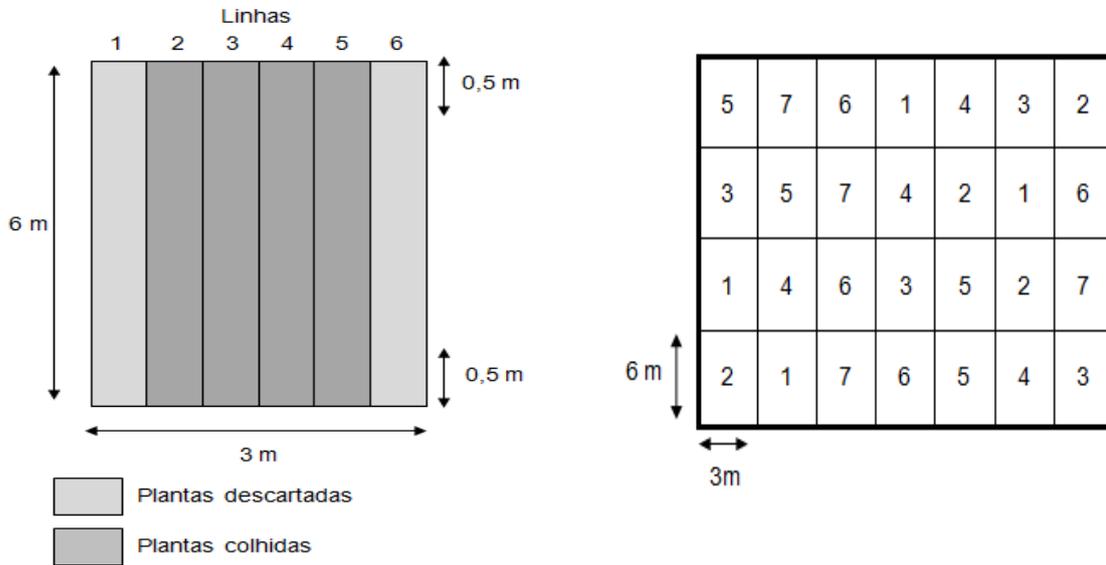
Nos tratamentos que tiveram o uso da irrigação, esta foi realizada conforme metodologia descrita fornecendo água em quantidade de 130 % da ET<sub>o</sub> e outro bloco sem irrigação.

O híbrido utilizado foi o DOW 633 PW com resistência a principais pragas da cultura, resistente ao herbicida Glifosato e alta estabilidade produtiva, considerado de ciclo precoce. Na semeadura, as sementes foram tratadas com produto comercial a base de piraclostrobina + tiofanato metílico e fipronil na dose 0,1 kg por 100 kg sementes). Conforme recomendação de Sfredo (2008), foram utilizados 200 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado N-P-K (20-00-20), o qual foi aplicado a lanço 15 dias antes da semeadura. O experimento foi semeado no dia 12/03/2018 com uma semeadora manual para plantio direto Knapik.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho, com aplicações de defensivos registrados para a cultura, bem como utilização de dosagens recomendadas pelo fabricante. Uma vez atingido o nível de controle, foi realizado o manejo fitossanitário para todos os tratamentos.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pela combinação do fator irrigação (irrigado e não irrigado) e as subparcelas constituídas por sete tratamentos, com quatro repetições cada tratamento. Cada subparcela foi constituída de seis linhas de seis metros em um espaçamento de 0,45 m e 2,7 pl m<sup>-1</sup>, totalizando 16,2 m<sup>2</sup>, onde foi desprezado uma linha de cada lado e considerado como bordadura. Para a realização da colheita, foram colhidas as quatro linhas centrais da parcela com 4

metros de comprimento totalizando uma área de colheita de 7,2 m<sup>2</sup>, conforme esquematizado na figura 01.



a)

b)

**Figura 01.** Croqui do experimento (a) e detalhe de uma parcela (b) na área experimental em Tangará da Serra, MT.

Os sistemas de condução foram compostos pelo seguinte esquema:

**Tratamento 1:** Controle, as sementes não receberam inoculante nem adubação nitrogenada;

**Tratamento 2:** As sementes não foram inoculadas, porém o solo recebeu adubação nitrogenada (na dosagem de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>). A aplicação foi a lanço, na qual as parceladas foram em dose de 50% na semeadura e 50% aos 32 dias após emergência (período V6);

**Tratamento 3:** Sementes inoculadas com a alga *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de 2,5 mL kg<sup>-1</sup> de semente e coinoculadas com o produto Grammy Crop, que consiste de Bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* estirpes Ab-V5 e Ab-V6 com garantias de 2x10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia (UFC mL<sup>-1</sup> de produto comercial), na dosagem de 100 mL em 50 kg ha<sup>-1</sup> de sementes;

**Tratamento 4:** Sementes inoculadas com a alga *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de 2,5 mL kg de semente<sup>-1</sup> e coinoculadas com o produto Grammy Crop, e estando no estágio vegetativo V3 as plantas receberam a aplicação do inoculante Grammy Crop na dosagem de 300 mL ha<sup>-1</sup>;

**Tratamento 5:** Sementes inoculadas com a alga *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de 2,5 mL kg<sup>-1</sup> de semente e coinoculadas com o produto Grammy Crop e estando no estágio vegetativo V3 as plantas receberam a aplicação da alga *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de 500 mL ha<sup>-1</sup>;

**Tratamento 6:** Sementes inoculadas com a alga *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de (2,5 mL kg<sup>-1</sup> de semente) e coinoculadas com o produto Grammy Crop, e estando no estágio vegetativo V3 as plantas receberam a aplicação do inoculante Grammy Crop na dosagem de 300 mL ha<sup>-1</sup> e conjuntamente da alga *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de 500 mL ha<sup>-1</sup>;

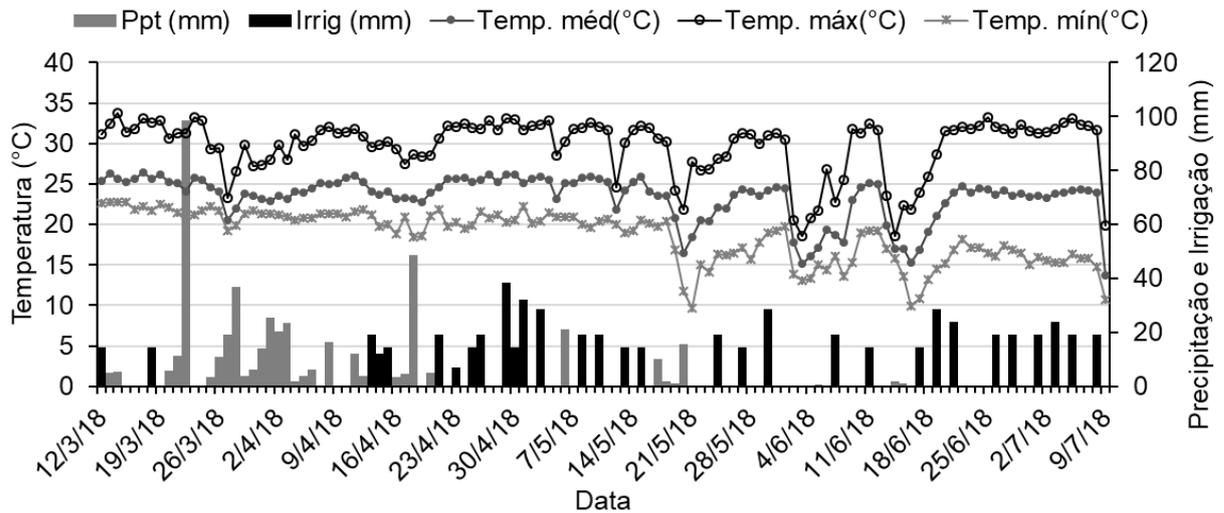
**Tratamento 7:** Sementes inoculadas com a alga *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de 2,5 mL kg de semente<sup>-1</sup> e coinoculadas com o produto Grammy Crop, e estando no estágio vegetativo V3 as plantas receberão a aplicação do inoculante Grammy Crop, na dosagem de 300 mL ha<sup>-1</sup> e estando em estágio reprodutivo VT a cultura recebeu a aplicação de *Kappaphycus alvarezii* na dosagem de 500 mL ha<sup>-1</sup>.

As variáveis agronômicas foram avaliadas na ocasião da maturação fisiológica R6 aos 120 Dias Após a Semeadura (DAS), e, conforme Ritchie (2003), foram as seguintes: Foram coletadas em 10 plantas as espigas para a avaliação de número de linhas, número de grãos por espiga, diâmetro da espiga (medido com auxílio de um paquímetro digital da marca Panambra, modelo Pantec). Nas mesmas plantas também foram determinados os seguintes parâmetros: altura de planta, altura da espiga, diâmetro de colmo e grãos total da espiga. O restante das espigas da parcela foi trilhado para obter a massa de grãos por parcela, sendo realizado posteriormente a correção da umidade para 13 % e extrapolando a massa para kg ha<sup>-1</sup>. Destes grãos também foram determinadas a massa de cem grãos através de contagem e pesagem de quatro amostras de cada tratamento.

Os dados foram avaliados estatisticamente por meio da análise da variância (teste F), e por meio da aplicação do teste de comparação de médias Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ), com auxílio do software Sisvar na versão 5.6 (FERREIRA, 2011), para análises dos mesmos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas parcelas com o uso da irrigação fornecendo 130% da ETo, foram adicionados 598,4 mm de água, somados com o volume precipitado de 458,5 mm, já para o bloco não irrigado somente o volume precipitado foi fornecido (Figura 02).



**Figura 02:** Valores diários de precipitação, irrigação e temperaturas máxima média e mínima para o período do experimento da cultura do milho em Tangará da Serra – MT.

Detomini et al. (2009), ao estudarem o consumo hídrico e o Coeficiente da Cultura (Kc) para um híbrido de milho de ciclo de 110 dias, sob condições de irrigação, observaram que foram requeridos por volta de 600 mm de água para obtenção de elevadas produções, aproximando-se ao observado na presente pesquisa.

Conforme observa-se na Figura 2, logo após a semeadura do milho ocorreu uma chuva de 5 mm e aos 11 dias após semeadura ocorreu outra chuva de 98 mm, precipitação acima da média esperada para esse decêndio, conforme observações descritas por Dallacort et al. (2011), onde caracterizaram o clima do município sendo estação seca do ano iniciando em abril.

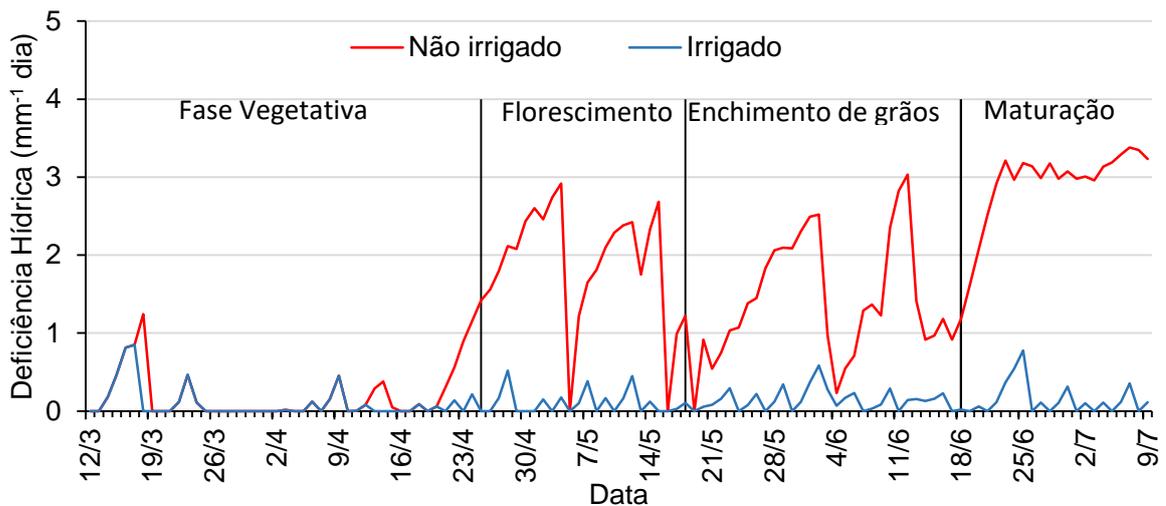
No período de enchimento de grãos (21/05 a 19/06) houve queda da temperatura (Figura 2), reduzindo a evapotranspiração da cultura, ocasionando redução na absorção de água e nutrientes e, possivelmente, reduzindo o ganho de massa seca nos grãos, conforme comentado por Silva et al. (2014), que constataram

que quedas de temperatura aumentam o ciclo da cultura, reduzem o índice de área foliar e, conseqüentemente, desencadeiam redução da produtividade.

As faixas sem irrigação sofreram forte alteração na evapotranspiração devido ao déficit hídrico na fase de florescimento e enchimento de grãos, quando houve quedas de temperatura houve também redução da evapotranspiração, mas quando as temperaturas aumentam, não houve disponibilidade hídrica para a reposição da demanda pela planta, acarretando em um déficit e comprometendo o desenvolvimento da planta e sua produtividade.

Bergamaschi et al. (2006), avaliando a deficiência hídrica correlacionada com a fase de pendoamento a enchimento de grãos, observaram que, considerando todo o ciclo da cultura, esta é a fase em que a cultura necessita de mais água, afirma ainda que a relação entre déficit e produtividade é uma relação linear negativa, já para déficits ocorridos em fase de florescimento, a redução é quadrática, isso devido aos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto, e ao desenvolvimento inicial de grãos.

É notável a diferença entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração potencial no ambiente irrigado e sem irrigação para o município de Tangará da Serra no período do experimento (Figura 03). Essa diferença é a deficiência da cultura, que para o ambiente irrigado não apresentou déficits, porém, para o ambiente não irrigado, observa-se que na fase vegetativa houve um déficit de 10,27 mm em 44 dias, para a fase de florescimento 44,97 mm em 22 dias, em enchimento de grãos 43,65 mm em 31 dias, e em fase de maturação 62,36 mm em 23 dias, acarretando em um total de 161,25 mm durante todo o ciclo de 120 dias.

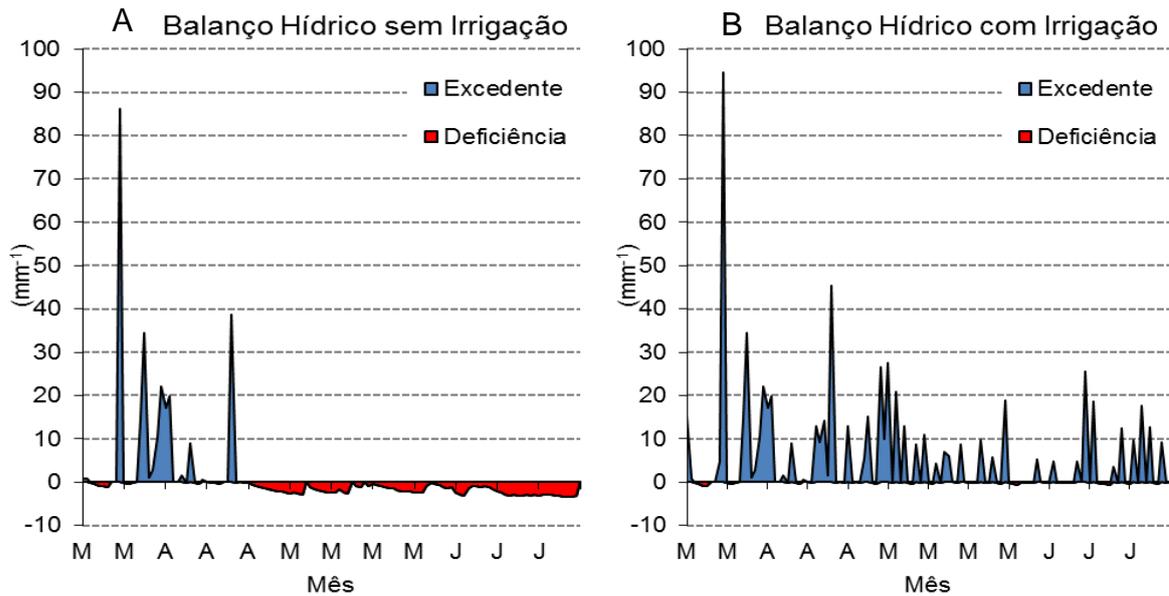


**Figura 03:** Deficiência hídrica da cultura do milho nas fases de desenvolvimento em ambiente irrigado e sem irrigação.

Segundo Wagner et al. (2013), da fase de pendoamento até R3, ocorre o maior consumo hídrico e sua maior necessidade, chegando a 200 mm distribuídos entre essas fases, sendo que, se ocorrer déficit hídrico nesse período a produtividade é drasticamente penalizada. Colaborando com os dados deste trabalho, o bloco que não recebeu irrigação apresentou déficit hídrico durante toda a fase reprodutiva e, sobretudo, em comparação com o bloco irrigado, que não obteve déficit, a produtividade foi significativamente maior, pois atendeu as necessidades da cultura durante essa fase.

Sobenko et al. (2016), realizando estimativas de evapotranspiração e necessidade de irrigação para a cultura do milho no município de Sorriso – MT, também observaram que a fase de maior necessidade hídrica da cultura é a fase entre VT a R3, apresentando reduções significativas na produtividade quando ocorridos déficits nesse período.

Na Figura 04 estão apresentados os gráficos do balanço hídrico sequencial para o ambiente sem irrigação e com irrigação. Pode-se observar que as chuvas para o ano de 2018 não atenderam as necessidades da cultura semeada em 12 de março, acarretando deficiência hídrica em toda a fase reprodutiva e enchimento de grãos.



**Figura 04:** Balanço hídrico climatológico diário para a cultura do milho em ambiente não irrigado (A) e irrigado (B) no município de Tangará da Serra – MT.

Os resultados desse balanço hídrico mostram que a partir do 11º decêndio ou 21/04 as ocorrências de chuvas não atenderam à demanda evaporativa do solo, ocasionando déficit nas culturas, resultados também observados por Fenner et al. (2014), onde estes determinaram os índices de satisfação de necessidade de água para o milho segunda safra em Mato Grosso. Este índice é a razão entre a evapotranspiração real da cultura e a evapotranspiração potencial ( $ET_r/ET_p$ ) segundo metodologia proposta por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998).

Estudos de balanço hídrico mensal, realizados por Fenner et al. (2014), mostraram que em regiões de transição entre Cerrado-Floresta-Pantanal no Estado de Mato Grosso, o regime chuvoso se estabelece entre outubro a abril para os municípios de Sorriso e Tangará da Serra e de setembro a abril em Cáceres, evidenciando a qualidade e a importância da utilização da metodologia do ISNA – Índice de Satisfação e Necessidade de Água, na determinação de melhores épocas de semeadura.

Segundo Rosa et al. (2007) e Marcuzzo et al. (2011), o comportamento das massas de ar atuantes no Estado de Mato Grosso e a vegetação que o compõe (Amazônia, Cerrado e Pantanal), influenciam diretamente no regime pluviométrico e na quantidade hídrica disponível para as culturas, interferindo assim, nos valores de ISNA, uma vez que os resultados para cálculo do mesmo são dependentes do extrato do balanço hídrico.

Visto estes trabalhos, pode-se afirmar que para o município de Tangará da Serra semeaduras tardias sem auxílio de irrigação podem acarretar em grandes deficiências hídricas para a cultura do milho, ocasionando grande risco de perdas da produtividade.

Na Tabela 02 está apresentada a análise de variância dos dados, os quais de acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5 % de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

**Tabela 02** – Resumo da análise de variância, representado pelos quadrados médios, para os ambientes (Amb.) irrigado e não irrigado e sua interação com os sistemas (Sist.) de manejo.

FV	GL	ATP	AIE	D.COL	D.ESP	NF	NGF	NGE	P100	PROD
Bloco	3	0,0010ns	8,68ns	0,04	2,70ns	0,37ns	0,84ns	127,87ns	1,03ns	412890,04ns
Amb	1	0,0585*	172,90**	21,43**	125,31**	1,23ns	234,93**	83190,90**	937,18**	116979951,56**
Res 1	3	0,0025	4,31	0,08	0,68	0,20	0,10	131,63	0,75	966760,19
Trat.	6	0,0349**	200,48**	6,29**	17,44**	6,01**	18,86**	20753,25**	48,24**	1668595,05**
Res 2	18	0,0003	4,20	0,12	0,89	0,16	0,57	256,78	0,79	251190,63
Amb*Trat.	6	0,0028**	39,01**	3,68**	4,61**	0,56**	7,80**	1171,35**	16,96**	194913,86*
Res 3	18	0,0003	3,95	0,14	0,69	0,067	0,57	237,17	0,97	260910,18
Média	0	1,9398	83,24	17,32	47,97	16,65	31,39	523,92	27,36	5931,17
CV%1	0	2,60	2,49	1,63	1,72	2,71	1,01	2,19	3,18	16,58
CV%2	0	0,79	2,46	2,04	1,96	2,41	2,41	3,06	3,25	8,45
CV%3	0	0,93	2,39	2,17	1,73	1,56	2,41	2,94	3,60	8,61

\* e \*\* significativo pelo teste F á 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo; Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV%); altura total de planta (ATP, m); altura de inserção da espiga (AIE, cm); diâmetro do colmo (D.COL, mm); diâmetro da espiga (D.ESP, mm); número de fileiras (NF espiga<sup>-1</sup>); número de grãos por fileira (NGF espiga<sup>-1</sup>); número de grãos por espiga (NGE espiga<sup>-1</sup>); peso de 100 grãos (P100 g<sup>-1</sup>); produtividade (PROD kg ha<sup>-1</sup>).

Com base na análise de variância, para todas as variáveis ocorreu diferença significativa para a interação entre os fatores (ambiente e sistemas), foi observada interação significativa entre os mesmos a 1% de probabilidade pelo teste F, exceto para produtividade que apresentou 5% de probabilidade.

A interação entre ambiente e tratamento para a variável produtividade, provavelmente ocorreu devido aos microrganismos terem promovidos efeitos tanto no ambiente irrigado quanto no não irrigado garantindo a mesma eficiência para ambos os sistemas, o déficit hídrico ocorrido no período do experimento foi de 161 mm durante o ciclo.

Para a variável altura de plantas, o ambiente com irrigação proporcionou maiores valores, já em relação aos tratamentos, o T6 que compõe a associação de

*Kappaphycus alvarezii* + *Azospirillum brasilense* na semeadura e no estágio vegetativo V3, se destacou em ambiente irrigado e não irrigado, T1 (controle) e T2 (somente nitrogênio) não diferiram quando irrigados visto que ambos apresentaram as menores plantas entre todos os tratamentos (Tabela 03). Braccini et al. (2012), também observaram maiores alturas plantas quando tratadas com *Azospirillum brasilense*, inclusive quando associadas a aplicação de nitrogênio.

**Tabela 03** – Desdobramentos das variáveis com interações ambiente x tratamento.

Tratamentos	Altura de planta (m)		Altura de inserção da espiga (cm)		Diâmetro do Colmo (mm)		Diâmetro da espiga (mm)	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
1	1,84eA	1,82dA	72,00eB	79,60dA	16,20cA	15,32bB	46,38dA	45,06bA
2	1,92dA	1,89bcA	75,55deB	83,30bcdA	17,47bA	17,03aA	48,19cdA	46,45abB
3	1,97bcA	1,91bA	82,40bcB	87,15abcA	17,73bA	17,38aA	50,66bA	45,45bB
4	1,96cA	1,87cB	79,35cdA	82,55cdA	17,43bA	16,99aA	48,61cA	46,52abB
5	1,99bcA	1,91bB	82,15bcA	84,87bcdA	17,72bA	16,72aB	49,24bcA	45,81bB
6	2,10aA	1,98aB	93,22aA	87,80abB	20,9aA	16,70aB	52,63aA	47,85aB
7	2,01bA	1,96aA	85,70bB	89,70aA	18,14bA	16,79aB	50,59bA	48,23aB
DMS coluna:	0,04		4,65		0,88		1,94	
DMS linha:	0,07		3,25		0,48		1,36	

Continuação...

Tratamentos	Número de fileiras por espiga		Número de grãos por fileira		Número de grãos por espiga	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
1	15,05cA	14,75cA	29,60eA	28,50cdB	448,52dA	411,30cB
2	16,80bA	16,40bA	32,05dA	29,17bcB	542,80cA	449,65cB
3	16,72bA	17,10aA	33,00cdA	29,65abcB	568,92bcA	507,87abB
4	17,05bA	16,85abA	35,37abA	29,47abcB	596,90bA	512,55abB
5	17,05bA	16,55abA	33,87bcA	27,05dB	559,62cA	485,20bcB
6	18,40aA	17,15aB	36,35aA	31,15aB	649,47aA	535,67aB
7	16,55bA	16,75abA	33,85bcA	30,42abB	571,00bcA	495,40bB
DMS coluna:	0,61		1,77		35,99	
DMS linha:	0,68		0,85		20,89	

Continuação...

Tratamentos	P100 (g)		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Com	Sem	Com	Sem
1	23,22dA	21,31cB	6282,98bA	3944,44bB
2	31,24cA	21,78bcB	7102,43abA	4463,54abB
3	32,28abcA	24,84aB	7430,55abA	4508,68abB
4	33,50abcA	23,75abB	7741,32aA	4437,49abB
5	31,67bcA	23,00abcB	7505,20aA	4527,77abB
6	34,46aA	24,48aB	8164,93aA	5147,57aB
7	33,80abA	23,75abB	7407,98abA	4371,52abB
DMS coluna:	2,30		1193,90	
DMS linha:	1,37		1418,57	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 0,05% de probabilidade de erro. Descrição dos sistemas: T1 – testemunha; T2 – adubação nitrogenada; T3 – alga + bactéria no tratamento de semente; T4 – alga no tratamento de semente bactéria em V3; T5 – alga + bactéria no tratamento de

semente alga em V3; T6 – alga + bactéria em tratamento de semente em V3 alga + bactéria; T7 – alga + bactéria em tratamento de semente em V3 bactéria e VT alga.

A altura de inserção da espiga é outra variável que se busca em maiores valores para cultivos de segunda safra. Braccini et al. (2012), observaram alturas de inserção da espiga entre 0,7 e 0,9 metros e afirmaram que acima desse valor a probabilidade de acamamento é grande e valores entre o intervalo são considerados adequados para a eficiência da colheita mecanizada. Contudo, observamos que as plantas submetidas à irrigação apresentaram menores valores, significando que o stress hídrico proporcionou o florescimento precoce das plantas, com exceção do T5 e T6, sendo que o último apresentou maior altura de inserção em ambiente irrigado.

O diâmetro do colmo, o número de grãos por fileira, número de fileiras, número de grãos por espiga e o diâmetro da espiga obtiveram os maiores valores em ambiente irrigado. O T6 que corresponde a aplicação de nitrogênio na semeadura mais associação da Alga + Bactéria no tratamento de semente uma aplicação foliar em estágio V3 também da associação de Alga + Bactéria, foi o que apresentou as maiores médias entre todos os tratamentos e variáveis. Desta forma pode-se destacar que a aplicação dos produtos associados em tratamento de semente em aplicação foliar em V3, apresenta eficiência para os caracteres agronômicos na cultura do milho.

De acordo com Das e Saha (2003); Roesch et al. (2006), maior população de bactérias diazotróficas é reportada durante o período vegetativo e florescimento, com posterior declínio, com o avanço na maturidade. Assim, a inoculação com *A. brasilense* aumenta a concentração de nitrogênio na planta de milho, no estágio de florescimento.

Cavallet et al. (2000), por sua vez, constataram aumento no comprimento médio das espigas, sem alteração na altura da planta e no número de fileiras de grãos por espiga, avaliando o efeito da bactéria *A. brasilense*, em aplicação foliar.

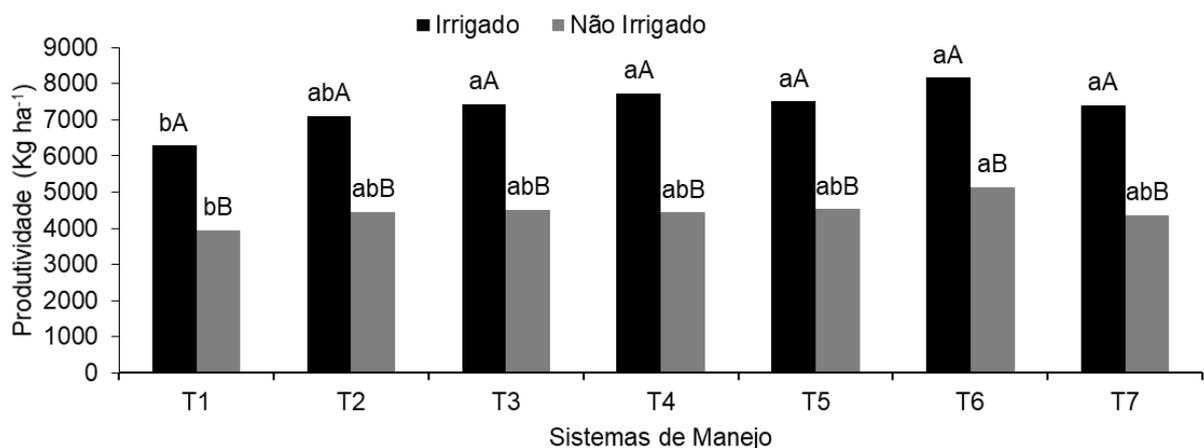
Verona et al. (2010) observaram que a inoculação proporcionou maior diâmetro de caule e maior peso em relação à massa seca de parte aérea mesmo em estresse hídrico.

A variável peso de 100 grãos está relacionada com a produtividade, porém nem sempre grãos mais pesados proporcionam maior produtividade, sendo que estes, podem ter maior umidade, ou relação com número de grãos por espiga, que neste caso revela a má porcentagem de fecundação, acarretando em grãos falhados

e, para compensar essa falha, os grãos fecundados crescem acima do normal esperado. Segundo Basi (2013), a aplicação de *A. brasilense* aumenta o número de grãos por espiga podendo alterar os valores esperados de produtividade.

Para o peso de 100 grãos (Tabela 3) os tratamentos 3 e 6 apresentaram os maiores pesos para o ambiente não irrigado haja visto que o T3 corresponde a uma aplicação em TS da associação de Alga + Bactéria e o T6 possui mais uma aplicação associada de Alga + Bactéria em V3. Para o ambiente irrigado, o T6 foi o que obteve a maior média.

Com relação a variável produtividade, como observado a interação na análise de variância, entre ambiente e tratamento, porém, os resultados em ambiente irrigado foram superiores aos não irrigados (Figura 05).



**Figura 05** – Dados de produtividade para os tratamentos de manejo em relação aos ambientes irrigados e não irrigados. Médias seguidas da mesma letra minúscula para cada ambiente entre os tratamentos e maiúsculas para cada tratamento entre todos os ambientes, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se utilizou a irrigação em T4 e T6, ocorreram as maiores médias de produtividade, sendo que nesses tratamentos foram realizadas aplicações de bactéria + alga em TS e no mínimo uma aplicação de bactéria em V3. Podemos afirmar que somente a aplicação de Alga em V3 não é eficiente.

Somente a adição da irrigação proporciona aumento da produtividade, no entanto a aplicação de nitrogênio em semeadura e associação dos produtos

aplicados em semeadura e em cobertura foliar no estágio V3 proporcionaram aumento de 1882 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 03).

Hungria (2011) constatou que a inoculação das sementes com *A. brasilense* associada à aplicação de 24 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no florescimento pode proporcionar rendimento médio de 7000 kg ha<sup>-1</sup>, resultado interessante para as regiões onde é possível realizar duas safras por ano. Além disso, Fancelli (2010) reportou que a inoculação de *Azospirillum* do milho no Brasil tem potencial para gerar uma economia de 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizantes minerais nitrogenados.

O uso do extrato líquido de *K. alvarezii* na agricultura em pulverização foliar já foi relatado por Rathore et al. (2009), quando realizaram um teste a campo para avaliação do efeito do extrato de alga no crescimento, produção e consumo de nutrientes na cultura de soja. Desta forma, foram realizadas sete tratamentos diferentes de pulverização foliar (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 e 15 % v/v) de extrato em duas aplicações, uma no estágio vegetativo (30 dias após semeadura) e a segunda no estágio de florescimento (60 dias após semeadura). Concluíram que, naquelas condições do experimento, a aplicação do extrato líquido na fase vegetativa foi mais eficiente para todas as doses aumentando o rendimento de grãos e também melhorou a absorção de nutrientes (N, P, K e S) das plantas, com as maiores concentrações do extrato aplicado.

Zodape et al. (2009) também trabalharam com o mesmo extrato líquido em pulverização foliar, para avaliação do efeito na qualidade de grão e em alguns parâmetros de produção na cultura de trigo, desta forma, realizaram três tratamentos diferentes do extrato (0,25, 0,50 e 1,0 %) em três aplicações, no estágio vegetativo, no perfilhamento e no início do enchimento de grãos e observaram que a aplicação no estágio vegetativo foi a mais eficiente.

Comparando o controle com o T6 houve um acréscimo na produtividade de 1882 kg ha<sup>-1</sup>. O produto comercial contendo a bactéria tem um custo de R\$ 8,00 por ha<sup>-1</sup> para o tratamento de semente. Para a alga o custo é de R\$ 25,00 por ha<sup>-1</sup> também realizado no tratamento de semente, no caso para reaplicações via foliar o custo dobra para ambos os produtos chegando a R\$ 66,00 por ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, com este custo de R\$ 66,00 por ha<sup>-1</sup> tem-se um retorno de 1882 kg ha<sup>-1</sup> do grão, portanto cabe ao produtor saber o custo de sua produção para tomar a decisão de aplicar ou não.

## CONCLUSÕES

1 - A associação de *K. alvarezii* + *A. brasilense* na semeadura e no estágio vegetativo V3 na cultura do milho, mostrou ser eficiente em ambiente irrigado, em termos de produtividade.

2 – A irrigação além de aliviar os efeitos do déficit hídrico na cultura, possibilita o desenvolvimento dos microrganismos, potencializando sua ação.

3 – Para todas as variáveis, o tratamento 6 foi o que apresentou maiores valores, devido sua aplicação conjunta dos produtos e a reaplicação em V3 e a irrigação potencializou seu efeito.

4 – A reaplicação dos produtos no estágio VT não proporciona acréscimos significativos em nenhuma variável agrônômica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Rome**: FAO, 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56), 1998.

BASI, S. Associação de *azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. **Dissertação**, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava 50p. 2013.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BRACCINI, L. A.; DAN, L. G. M.; PICCININ, G. G.; ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, M. C.; ORTIZ, A. H. T. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associate with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

BULLA, D.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 2, p. 61-63, 2012.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. dos S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2018. Brasília: CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acessado dia 18 de maio de 2018.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/5838>.

DAS, A. C.; SAHA, D. Influence of diazotrophic inoculations on nitrogen nutrition of rice. **Australian Journal of Soil Research**. v. 41, p. 1543-1554, 2003.

DETOMINI, E. R.; MASSIGNAN, L. F. D.; LIBARDI, P. L.; NETO, D. D. Consumo hídrico e coeficiente de cultura para o híbrido DKB 390. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, n.31, v. 3, p. 445-452, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESWARAN, K.; GHOSH, P. K.; SIDDHANTA, A. K.; PATOLIA, J. S.; PERIYASAMY, C.; MEHTA, A. S.; MODY, K. H.; RAMAVAT, B. K.; PRASAD, K.; RAJYAGURU, R. M.; REDDY, S. K. C. R.; PANDYA, J. B.; TEWARI, A. **Intregated method for production of carrageenan and liquid fertilizer from fresh seaweeds**, 17 mai 2005.

FANCELLI, A. L. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute Brazil**, 2010. p.1-16. (Informações Agronômicas, 131).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fischer and Aquaculture Departament. **The state of world fisheries and aquaculture 2012**.

Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf>. Acessado em 16/07/2014.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; MOREIRA, P. S. P.; QUEIROZ, T. de M.; FERREIRA, F. da S.; BENTO, T. S.; CARVALHO, M. A. C. de. Índices de satisfação de necessidade de água para o milho segunda safra em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, n. 16, p. 109–121, 2014.

FIPKER, G. M. Co-inoculação e pré-inoculação de sementes em soja. **Dissertação**, Universidade Federal de Santa Maria, 67p. 2015.

FONSECA, L. M. F. DA. Inoculação com estirpes de *Azospirillum* e adubação nitrogenada no acúmulo de nutrientes e produtividade de milho. **Dissertação**, Universidade Federal de São João Del-Rei, Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. 2014, 47p.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: **Embrapa Soja**, 2011. 36 p.

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**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

KHAMBHATY, Y.; MODY, K.; GANDHI, M. R.; THAMPY, S.; MAITI, P.; BRAHMBHATT, H.; ESWARAN, K.; GHOSH, P.K. *Kappaphychus alvarezii* as a source of bioethanol. **Bioresource Technology**, v. 103, n.01, p. 180-185, 2012.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: **Verlag Justus Perthes**. 1928.

LIN, S. Y., YOUNG, C. C., HUPFER, H., SIERING, C., ARUN, A. B., CHEN, W. M., LAI, W. A., SHEN, F. T., REKHA, P. D., YASSIN, A. F. *Azospirillum picis* sp. nov., isolated from discarded tar. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 59, p. 761-765, 2009.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.;

VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute, 2007. 722 p.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO D. C. R.; ROCHA, M. H. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.16, n. 4, p. 157-167, 2011. <http://132.248.9.34/hevila/Revistabrasileiraderecursoshidricos/2011/vol16/no4/14.pdf>

PAVINATTO, P. S.; GIROTTO, C. A. C. E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

PRASAD, K.; KUMAR DAS, A.; OZA, M. D.; BRAHMBHATT, H.; SIDDHANTA, A. K.; MEENA, R.; ESWARAN, K.; RAJYAGURU, M. R.; GHOSH, P. K. Detection and qualification of some plant growth regulators in a seaweed-based foliar spray employing a mass spectrometric technique sans chromatographic separation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 08, p. 4594-4601, 2010.

RATHORE, S. S.; CHAUDHARY, D. R.; BORICHA, G. N.; GROSH, A.; BHATT, B. P.; ZODAPE, S. T.; PATOLIA, J. S. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. **South African Journal of Botany**, v. 75, p. 351-355, 2009.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, 103).

ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. M. P.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S.; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen supply. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 22, p. 967-974, 2006.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

ROSA, D. B.; SOUZA, R. R.; NASCIMENTO L. A.; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. Q.; NASCIMENTO, J. A. A distribuição espacial das chuvas na porção Centro Oeste do Estado de Mato Grosso – Brasil. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros. Três Lagoas – MS*, v. 1, n. 5, p. 127-152, 2007. Disponível em: <http://www.matogrossobrasil.com.br/estudoscientificosmt/A%20DISTRIBUI%C7%C3O%20ESPACIAL%20DAS%20CHUVAS%20NA%20POR%C7%C3O%20CENTRO%20OESTE%20DO.pdf>

SANGOI, L.; MARASCHI DA S., LIGIA M.; RENAN MOTA, M.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; DE SOUZA, N. M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *azospirillum sp.* e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1141-1150, 2015. <DOI: 10.1590/01000683rbcs20140736>

SFREDO, G. J. Documentos 305. Embrapa Soja, p. 148, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc305.pdf>>.

SILVA, P. I. B.; FONTES, D. R.; MORAES, H. M. F.; GONÇALVES, V. A.; SILVA, D. V.; FERREIRA, L. R.; FELIPE, R. S. Crescimento e rendimento do milho e da braquiária em sistema consorciado com diferentes manejos de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 301-309, 2014. Doi: 10.1590/S0100-83582014000200007.

SOBENKO, L. R.; JÚNIOR, E. D. F.; SANTOS, O. N. A.; MARQUES, P. A. A. Estimativa da necessidade de irrigação na cultura do milho safrinha em sorriso-mt por métodos agroclimatológicos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.3, p. 544-557, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre. Fisiologia e Desenvolvimento vegetal, 2017. 6. ed. 888p.

TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.37, p.1016- 1024, 1979.

VERONA, D. A.; DUARTE JUNIOR, J. B.; ROSSOL, C. D.; ZOZ, T.; COSTA, A. C. T. Tratamento de Sementes de Milho com Zeavit®, Stimulate® e Inoculação com *Azospirillum* sp. In.: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 18., 2010. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R.; LIMA, A. dos S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.2, p.170–179, 2013.

ZODAPE, S. T.; MUKHERJEEA, S.; REDDYA, M. P.; CHAUDHARYA D. R. Effect of *Kappaphychus alvarezii* (Doty) Doty ex silva. extract on grain quality, yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum*, L.). **International Journal of Plant Production**, v. 3, n. 02, p. 97-101, 2009.

### **Capítulo 03 - Efeito do *Azospirillum brasilense* e bioestimulante no cultivo do milho irrigado em Tangará da Serra - MT**

**Resumo:** O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de um híbrido de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado com um bioestimulante em aplicações realizadas no tratamento de sementes e via foliar, comparando com o sistema de adubação nitrogenada recomendada para a cultura. O experimento foi desenvolvido nas condições de campo em sistema plantio direto e irrigado, na estação experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Tangará da Serra – MT, no ano de 2018. As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura da inserção da espiga, diâmetro de colmo, grãos totais da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade. O delineamento experimental seguiu em blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições, sendo: Controle, adubação nitrogenada com 200 kg ha<sup>-1</sup>, Corn Seed na semente, *Azospirillum* na semente, associação na semeadura, *Azospirillum* em V3 e Corn Seed na semente + *Azospirillum* em V3. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. A produtividade, como objetivo principal, teve seus melhores resultados em aplicações separadas, sendo em semeadura o Corn Seed e em V3 o *Azospirillum brasilense*.

**Palavras chave:** *Zea mays* L.; adubação nitrogenada; bactérias diazotróficas; manejo e aplicação.

**Abstract:** The objective of this work was to evaluate the performance of a maize hybrid inoculated with *Azospirillum brasilense* associated with a bio-stimulant in seeding and foliar via applications, comparing with the recommended nitrogen fertilization system for the crop. The experiment was developed under field conditions under no-tillage system under irrigation system, in the experimental station of the State University of Mato Grosso - UNEMAT, Tangará da Serra - MT, in the year 2018. The variables analyzed were: plant height, spike insertion height, stalk diameter, total spike grain, number of rows per spike, number of grains per row, thousand grain mass and yield. The experiment was carried out in a randomized block design with seven treatments and four replications: Witness, nitrogen fertilization with 200 kg ha<sup>-1</sup>, Corn Seed at sowing, *Azospirillum* at sowing, sowing association, *Azospirillum* at V3 and Corn Seed at sowing + *Azospirillum* in V3. The experimental data were submitted to analysis of variance by the F test and, in case of significance, the means of the treatments were compared by the Tukey test at 5%. Productivity as main objective had its best results in separate applications, being in seeding the Corn Seed and in V3 *Azospirillum* brasilense.

**Key words:** *Zea mays* L.; nitrogen fertilization; diazotrophic bacteria; management and application.

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo devido ao seu potencial produtivo e ao seu valor nutritivo, podendo ser usado tanto na alimentação humana, como animal (FANCELLI, 2011). No Brasil, áreas extensas de milho são cultivadas, aproximadamente 17,6 milhões de hectares para as duas safras, concentrando-se principalmente nos estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com produtividade média nacional de aproximadamente 5,5 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018).

O estado de Mato Grosso é o principal produtor do grão no País, com 4,5 milhões de hectares semeados e produtividade média de 5,8 t ha<sup>-1</sup> obtidos nas duas safras, sendo que menos de 1% da área semeada no Estado é realizada em primeira safra e isso reforça a importância de se estudar alternativas para minimizar os riscos de perdas por estresses hídricos e deficiência nutricional que, em sua maioria, apresentam deficiência de N. Segundo Fancelli (2003), tal deficiência pode reduzir o rendimento de grãos entre 14 e 80%.

O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante na atmosfera terrestre (em torno de 70%). Nas plantas, é componente da estrutura da clorofila, de enzimas e de proteínas. Por ser elemento essencial, seu balanço afeta a formação de raízes, a fotossíntese, a produção e a translocação de fotoassimilados e a taxa de crescimento entre folhas e raízes, sendo o crescimento foliar primeiramente afetado (TAIZ; ZEIGER, 2004). A consequência disso é a diminuição do crescimento das plantas e da produtividade.

Para a cultura do milho o nitrogênio (N) é um nutriente essencial que aumenta a produção de grãos e o seu manejo adequado torna-se indispensável como proposta de uma agricultura sustentável (MORAIS et al., 2015).

O nitrogênio gasoso (N<sub>2</sub>) compõe 78% da atmosfera terrestre. A fixação de nitrogênio requer a quebra da ligação tripla covalente de excepcional estabilidade do N<sub>2</sub>. Contudo, os gases atmosféricos também se difundem para o espaço poroso do solo, e o N<sub>2</sub> consegue ser aproveitado por alguns microrganismos, principalmente, bactérias que ali habitam, graças à ação da enzima chamada dinitrogenase, que é capaz de romper a tripla ligação do N<sub>2</sub> e reduzi-lo a NH<sub>3</sub>, a mesma forma obtida no processo industrial (HUNGRIA et al., 2010; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Um método de suprimento de N para as plantas de milho que vem sendo estudado recentemente é a utilização de bactérias diazotróficas fixadoras de

Nitrogênio atmosférico da espécie *Azospirillum brasiliense*. Estas, quando associadas à rizosfera das raízes das plantas de milho, podem contribuir com a nutrição nitrogenada delas (FERREIRA et al., 2013) além de produzirem hormônios vegetais (auxinas, giberelinas e citocininas) que atuam no desenvolvimento radicular das plantas (MULLER et al., 2015).

Além do incremento de produtividade constam na literatura trabalhos com a bactéria *A. brasiliense* concluindo a possibilidade de redução significativa do uso de adubos industrializados, gerando uma diminuição de 20% nos custos de produção (MULLER et al., 2012). Cunha et al. (2014) observaram que a redução de 16% do adubo químico aplicado em cobertura não reduz a produtividade do milho desde que associado com a bactéria.

Entretanto, outros estudos com inoculação de *A. brasiliense* na cultura do milho nas mesmas condições edafoclimáticas do Cerrado, Kappes et al. (2013) concluíram que a inoculação das sementes propiciou maiores valores dos componentes de produção e produtividade de grãos. Resultado semelhante foi obtido por Portugal et al. (2012), onde trabalhou com milho safrinha inoculado com essa bactéria no Cerrado sul-matogrossense.

Em alguns estudos realizados por alguns autores, não foram observados aumentos de produtividade com a inoculação de *A. brasiliense*, como por exemplo os trabalhos realizados por Basi (2013), em que não resultou um aumento de produtividade, tanto na forma de inoculação via semente quanto via sulco, mas influenciou apenas na altura de plantas. O mesmo foi observado no trabalho realizado por Repke (2013).

A inoculação com *Azospirillum* é comumente realizada no tratamento de semente, onde o produto pode ser aplicado na forma sólida (como turfa) ou na forma líquida (HUNGRIA et al., 2010). Recentemente alguns experimentos estão sendo conduzidos a fim de retratar a eficiência da inoculação via foliar, no entanto, ainda são escassas as pesquisas sobre a melhor fase da cultura para que a eficiência da inoculação seja melhor (Basi 2013; Kappes et al., 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da utilização das bactérias do gênero *A. brasiliense* na cultura do milho sob diferentes épocas de aplicação em sistema irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental do CETEGEO-SR na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra - MT, localizado geograficamente a 14°39' de latitude Sul e 57° 25' de longitude Oeste, com altitude média de 440 m, segundo dados do INMET. O clima da região é o tropical úmido megatérmico (Aw) de acordo com classificação de Köppen. Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são 24,4 °C, 1.830 mm e 70 – 80%, respectivamente. As chuvas são praticamente concentradas de outubro a março e entre abril e setembro estabelece-se a estação seca de seis meses (DALLACORT et al., 2011).

O solo é classificado como Latossolo vermelho distroférico, textura muito argilosa com 689 g de argila por kg de solo e relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 2006). Realizou-se correções de acidez e adubação, ambas de acordo com análise de solo (Tabela 01) e recomendação para a cultura (SFREDO, 2008).

**Tabela 01**– Análise química\* do solo na profundidade de 0-20 cm da área experimental da UNEMAT em Tangará da Serra.

Amostra	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	H+Al	S	CTC	V	M.O
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>		%	g/dm <sup>3</sup>
1	6,00	2,50	71,00	4,32	2,61	1,71	0,00	4,50	4,50	4,50	9,00	50,00	43,00

\*LABORFORT - Análises Química LTDA, Cambira – PR. (setembro/2017)

O experimento foi realizado sob sistema de irrigação atendendo toda a demanda evaporativa do solo, onde a quantificação da lâmina de água aplicada dependeu do cálculo de 130% da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), proposto por Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006). O sistema de irrigação foi o de aspersão dimensionado em 12 x 12 m com aspersores Fabrimar, modelo A232 ECO, sob pressão de 30 m.c.a., aplicando uma lâmina média de 9,59 mm h<sup>-1</sup>.

Para a realização do cálculo da ET<sub>o</sub> foram necessários os dados meteorológicos de uma estação automática Campbell Scientific localizada na própria universidade. A estação possui um Data Logger CR1000 para armazenamento de dados, sensor CS 215 de temperatura (°C) e umidade relativa (%), sensor de pressão atmosférica (kPa) barômetro CS106 mede a variação de 500 a 1100 mb, sensor de radiação solar (MJ/m<sup>2</sup>) piranômetro CMP3, sensor de velocidade (m/s) e direção do vento (graus) anemômetro 03002-R.M. Young Wind, pluviômetro CS 700

rain gauge, sensor de molhamento foliar 237-L Grade sensor de umidade. As informações são disponibilizadas pelo laboratório de Agrometeorologia.

A área experimental foi dessecada 30 dias antes da semeadura com o herbicida Glifosato na dosagem de 2 L ha<sup>-1</sup>.

O híbrido utilizado foi o híbrido Truck Víptera 3 da fabricante Syngenta com resistência a principais pragas da cultura e alta estabilidade produtiva, considerado de ciclo super precoce.

As sementes foram tratadas com produto comercial a base de piraclostrobina + tiofanato metílico e fipronil na dose 0,1 kg por 100 kg sementes). Conforme recomendação de Sfredo (2008) foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20 dias antes da semeadura, aos 30 dias após a emergência da cultura foi aplicado 200 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado N-P-K (20-00-20), e aos 50 dias após a emergência foram aplicados 150 kg ha<sup>-1</sup> de Uréia, a lanço. O experimento foi semeado no dia 20/04/2018 com uma semeadora manual para plantio direto Knapik.

O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho, após amostragens e constatação do nível de controle, com aplicações de defensivos registrados para a cultura, bem como utilização de dosagens recomendadas pelo fabricante, igualmente para todos os tratamentos.

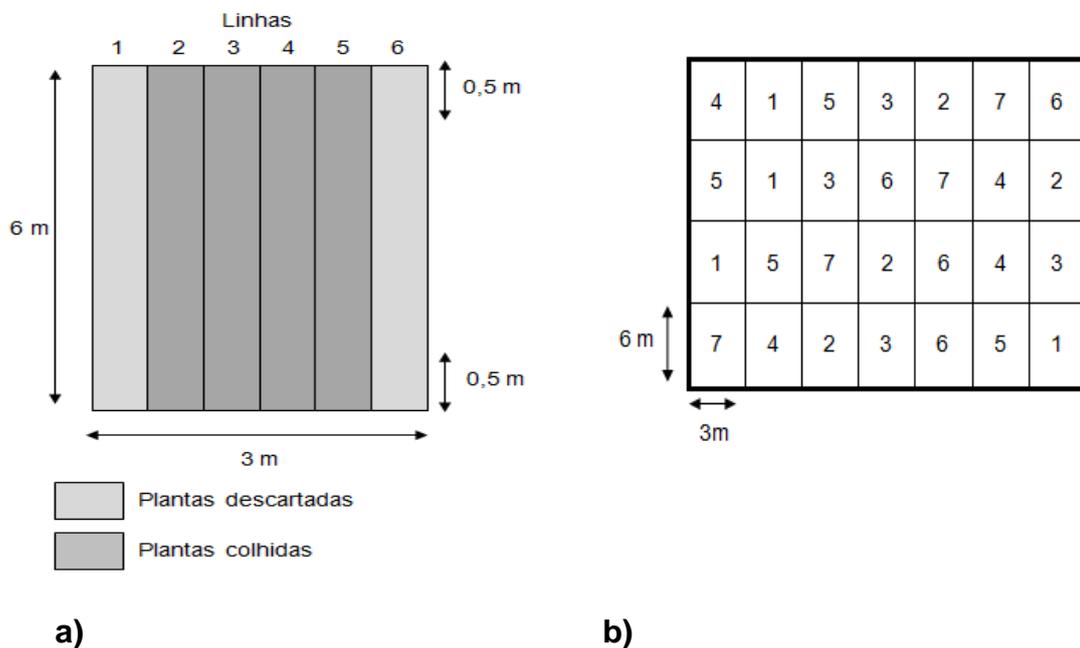
O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições (Tabela 02). Cada parcela foi constituída por seis linhas de seis metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,45 m, totalizando uma parcela de 16,2 m<sup>2</sup>, onde para as avaliações foram desprezadas uma linha de cada lado e considerado como bordadura.

**Tabela 02** – Descrição dos tratamentos, dose e suas fases de aplicação.

Descrição	Tratamentos	Fase de aplicação	Dose
T1	Controle		
T2	Adubação padrão	Aos 30 DAE	200 Kg ha <sup>-1</sup>
T3	Adubação padrão + Corn seed	Semeadura	4 ml kg <sup>-1</sup>
T4	Adubação padrão + Grammy Crop	Semeadura	7,5 ml kg <sup>-1</sup>
T5	Adubação padrão + Corn seed + Grammy Crop	Semeadura	4 e 7,5 ml kg <sup>-1</sup>
T6	Adubação padrão + Grammy Crop	V3	300 ml ha <sup>-1</sup>
T7	Adubação padrão + Corn seed + Grammy Crop	Semeadura e em V3	4 ml kg <sup>-1</sup> e 300 ml ha <sup>-1</sup>

O produto comercial Grammy Crop, consiste de Bactérias da espécie *A. brasilense* estirpes Ab-V5 e Ab-V6 com garantias de  $2 \times 10^9$  unidades formadoras de colônia (UFC  $\text{mL}^{-1}$  de produto comercial), na dosagem de  $7,5 \text{ ml kg}^{-1}$  de semente. O Corn seed consiste em um bioestimulante para a cultura do milho.

A colheita foi realizada dia 14/09/2018, foram colhidas as quatro linhas centrais da parcela com quatro metros de comprimento totalizando uma área de colheita de  $7,2 \text{ m}^2$  (Figura 1).



**Figura 1** - Croqui do experimento (a) e detalhe de uma parcela (b) na área experimental em Tangará da Serra, MT.

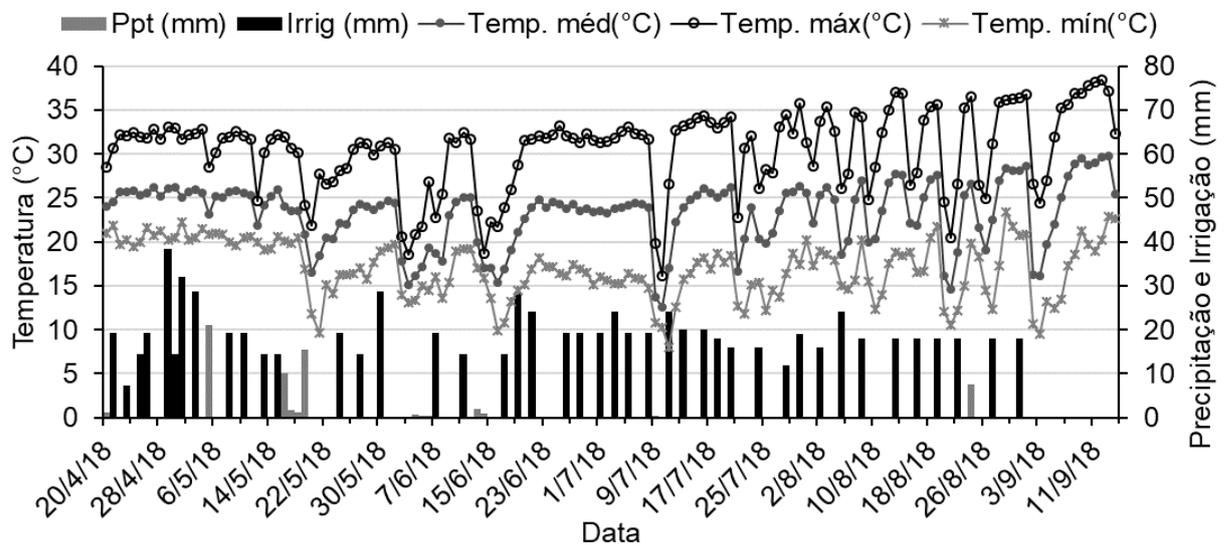
Foram coletadas em 10 plantas para avaliação da altura de planta, altura da espiga, diâmetro de colmo, grãos total da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e diâmetro da espiga. Os restantes das espigas da parcela foram trilhadas para obter a massa de grãos por parcela, sendo realizada posteriormente a correção da umidade para 13% extrapolando a massa para  $\text{kg ha}^{-1}$ . Destes grãos também foram determinadas a massa de cem grãos através de contagem e pesagem de quatro amostras de cada tratamento.

Os dados foram avaliados estatisticamente por meio da análise da variância (teste F), e por meio da aplicação do teste de comparação de médias Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ), após ter sido submetido ao teste de Shapiro-Wilk a 5 % de significância,

os resíduos podem ser considerados normais, com auxílio do software Sisvar na versão 5.6 (FERREIRA, 2011), para manipulação e análises dos mesmos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No local do experimento em Tangará da Serra ocorreram no mês de abril e maio, precipitações acumuladas de 154 e 50 mm respectivamente. Após a semeadura (20/04) ocorreu apenas uma de chuva em abril, de 3 mm, sendo assim toda a oferta de água se deu via irrigação. O acumulado total no decorrer do ensaio foi de 66 mm e 763 mm respectivamente, para precipitação e irrigação (Figura 02).



**Figura 02** - Valores diários de precipitação e temperaturas máxima, média e mínima para o período do experimento da cultura do milho em Tangará da Serra- MT.

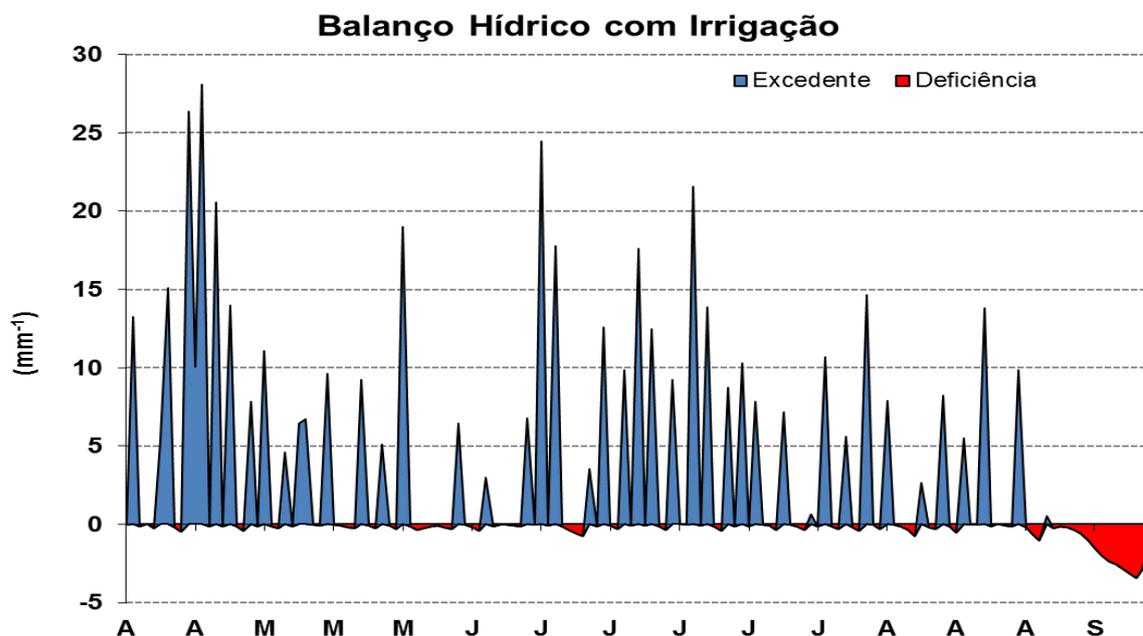
Os dados climáticos ocorridos são previstos para estas datas conforme estudos de Dallacort et al. (2011), sendo esse período como início da estação seca para essa região.

As temperaturas máxima e mínima, obtidas no período de realização desta pesquisa tiveram médias de 38,5 °C e 9,5 °C, respectivamente. Segundo estudo de Ramos et al. (2017), para os meses de abril a setembro as temperaturas máximas chegam aos 35,5 °C e as mínimas aos 12,1 °C, e mesmo que, para a região de Tangará da Serra esse período seja considerado inverno a cultura do milho se desenvolve e apresenta produtividade acima da média desde que haja irrigação.

A irrigação foi a principal fonte de água para o desenvolvimento da cultura nessa época de semeadura para Tangará da Serra, já para o bom resultado e eficiência dos produtos utilizados foi necessário que o solo possuísse umidade suficiente para a sua absorção pelas raízes, favorecendo o desenvolvimento da planta e ativação dos microrganismos.

Segundo pesquisas de Basi (2013), *A. brasilense*, é uma bactéria promotora de desenvolvimento capaz de contribuir para a nutrição de plantas, favorecendo a disponibilidade de nitrogênio e outros nutrientes do solo que são modificados para melhor absorção das plantas. Por ser um organismo vivo, necessita de condições adequadas para sobrevivência no solo, como umidade e temperaturas entre 25 e 35 °C.

O balanço hídrico mostra que a oferta de água via irrigação somada à precipitação manteve o solo sempre com umidade favorável ao desenvolvimento da cultura e da bactéria, não ocorrendo déficits na fase de desenvolvimento e florescimento, conforme Figura 3. O déficit é apresentado somente na fase de maturação e senescência da cultura.



**Figura 03** - Balanço hídrico climatológico diário para a cultura do milho em ambiente irrigado no município de Tangará da Serra – MT.

Sobenko et al. (2016), avaliando a estimativa da necessidade de irrigação na cultura do milho safrinha em Sorriso-MT, observaram que em período seco a cultura exige um acumulado de 820 mm de água, o que confirma a eficiência dessa lâmina neste trabalho onde foram disponibilizados 829 mm de água via irrigação e precipitação.

Foram observadas diferenças significativas com a aplicação de *A. brasilense* na cultura do milho via tratamento de semente e em V3 (fase de crescimento com 3 folhas completamente expandidas), para as variáveis número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, peso de cem grãos e produtividade (Tabela 3).

**Tabela 03** – Análise de Variância entre os tratamentos e variáveis analisadas na colheita, Fonte de Variação (FV) Grau de liberdade (GL), Quadrado médio (QM) e Coeficiente de variação (CV).

Fonte de variação/ Variáveis		GL	QM	p-valor	CV%
Número de fileiras por espiga	Trat	6	1,3857	0,0020**	3,34
	Bloc	3	0,1866	0,5328ns	
	Res	18	0,2466		
Número de grãos por espiga	Trat	6	3438,13	0,0265*	9,32
	Bloc	3	855,38	0,5155ns	
	Res	18	1083,75		
P100 (g)	Trat	6	1016,26	0,0100**	3,07
	Bloc	3	54,71	0,3968ns	
	Res	18	52,38		
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Trat	6	2235336,62	0,0017**	8,39
	Bloc	3	142387,14	0,7762ns	
	Res	18	385755,91		
Altura de inserção da espiga (cm)	Trat	6	24,9012	0,5849ns	7,88
	Bloc	3	69,4153	0,1208ns	
	Res	18	31,2618		
Altura de planta (m)	Trat	6	0,0034	0,6207ns	4,37
	Bloc	3	0,0152	0,0425ns	
	Res	18	0,0045		
Diâmetro do colmo (mm)	Trat	6	1,1470	0,1537ns	5,31
	Bloc	3	3,4561	0,0770ns	
	Res	18	0,6338		
Diâmetro da espiga (mm)	Trat	6	1,6675	0,6155ns	3,27
	Bloc	3	0,2049	0,9633ns	
	Res	18	2,2154		
Número de grãos por fileira	Trat	6	6,9751	0,1536ns	7,86
	Bloc	3	3,1296	0,5036ns	
	Res	18	3,8530		

Análise de Variância: \*\*p-valor  $\leq$  0,01 significativo a 1% de probabilidade e \*p-valor  $\leq$  0,05 significativo a 5 % de probabilidade ns não significativo, pelo teste F.

Apesar da aplicação da bactéria *Azospirillum* na cultura do milho proporcionar incrementos nas variáveis de desenvolvimento da planta conforme visto por Morais et al. (2015), nesta pesquisa não houve diferenças para as demais variáveis

analisadas, como: altura de planta, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga e número de grãos por fileira, visto que todo o experimento foi irrigado mantendo a demanda hídrica da cultura sem déficit.

A variável número de grãos por espiga apresentou seu melhor resultado em T7 em que foram aplicados o Corn seed + *Azospirillum*, respectivamente em tratamento de semente e V3 da cultura (Tabela 4).

**Tabela 04** – Teste de média para as variáveis analisadas com diferenças significativas.

Tratamentos	Nº de grãos por espiga	P100 (g)	Nº de fileiras por espiga	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
T1 - Controle	314,4b	20,5c	15,1ab	6454,9b
T2 - Adubação Padrão	362,9ab	23,2b	14,8b	6982,6b
T3 - Corn seeds TS	369,4ab	24,1b	14,3b	7076,4b
T4 - <i>Azospirillum</i> TS	342,5ab	23,5b	14,6b	7482,6ab
T5 - Corn seed TS + <i>Azosp.</i> TS	329,0ab	23,6b	14,7b	7722,2ab
T6 - <i>Azospirillum</i> V3	350,6ab	24,0b	14,4b	7274,3b
T7 - Corn seed TS + <i>Azosp.</i> V3	404,0a	25,8a	16,1a	8833,3a
DMS	49,7	10,9	1,16	1451,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A mistura entre os produtos aplicados na semeadura reduziu o número de grãos por espiga, mas na aplicação separada onde o Corn Seed foi aplicado na semeadura e o *Azospirillum* em V3 da cultura, o resultado foi significativamente maior, apresentando aumento de 22 % para esta variável.

Hungria (2011) relata que a utilização de *Azospirillum spp.* no tratamento de sementes, promoveu efeitos em plantas de milho como: ganho de peso, aumento do conteúdo de N nas folhas, sementes, flores, início precoce do espigamento, aumento do número de espigas e número de grãos, maior altura da planta, maior área foliar, maior índice de área foliar e maior taxa de germinação.

Assim como os números de grãos por espiga apresentaram maiores valores para a T7, o peso de cem grãos também foi maior quando aplicados o Corn Seed no tratamento de semente e o *Azospirillum* em V3 da cultura. A aplicação do *azospirillum* em V3 é eficiente, pois nesta fase a cultura já está estabelecida e aumentando o índice de sombreamento do solo proporcionando condições favoráveis de temperatura e manutenção da umidade do solo para que a bactéria realize suas atividades.

Outro fato relatado por Fukami et al. (2016), que avaliaram diferentes métodos de inoculação associados a cultura do milho e do trigo, no qual também foi observado que além do método tradicional de inoculação de *A. brasilense* na semente, a aplicação no sulco e foliar apresentaram eficiência semelhante ao inoculado na semente, representando métodos alternativos de inoculação evitando a incompatibilidade desses microrganismos com produtos fitossanitários utilizados na semente, além de se observar, que a dose do inoculante pode interferir de forma positiva ou negativa nos resultados a campo sendo necessário o uso da dose ideal para bons resultados a campo.

Ao avaliar o efeito de inoculação de *A. brasilense*, Basi (2013) observou que a inoculação, apesar de não apresentar diferenças estatísticas, proporcionou incrementos de 1,4 e 1,7% na massa de mil grãos.

O número de fileiras por espiga apresentou maiores médias em T7 com aplicação do Corn Seed no tratamento de semente e a bactéria em V3. Segundo Dourado Neto et al. (2004) a cultura do milho define o número de fileiras da espiga na fase inicial entre V3 a V6 e a aplicação de produtos que visem aumento na nutrição da planta favorecem o aumento dos valores dessa variável desejada.

A produtividade, assim como as demais variáveis que apresentaram diferenças significativas, obtiveram os maiores valores para T7, onde foi realizado aplicação do Corn Seed em tratamento de semente e aplicação do *A. brasilense* em V3 da cultura do milho.

Isso ocorre pois nessa fase a cultura do milho está iniciando seu processo de formação das flores masculinas e femininas e é fundamental que sua demanda nutricional seja atendida, no que diz respeito ao nitrogênio, que é elemento essencial para a divisão celular e conseqüentemente desenvolvimento do sistema produtivo da planta, constatado também por Portugal et al. (2012), onde afirmam que devido a fixação biológica de N, proporcionou um maior crescimento do sistema radicular, fazendo com que as raízes explorassem maior volume de solo, aumentando a absorção de água e conseqüentemente, de nutrientes.

Dourado Neto et al. (2014) relataram o mesmo para os reguladores de crescimento, em que a superioridade do tratamento de sementes em relação às demais formas de aplicação pode estar relacionada ao efeito superior destes no início do desenvolvimento de plantas. Estes resultados concordam com os de Dourado Neto et al. (2004), que observaram, em milho, que a aplicação do regulador

de crescimento foi mais eficiente, quando realizada no tratamento de sementes, em comparação com a pulverização na fileira de semeadura e via foliar.

Ferreira et al. (2016) relataram que a aplicação foliar de reguladores de crescimento resultou em maior produtividade de grãos de milho. Outra explicação do efeito dos reguladores de crescimento é que estes são variáveis conforme o estágio de desenvolvimento da planta, sendo a sua ação mais efetiva na emergência das plântulas e no desenvolvimento inicial (DOURADO NETO et al., 2014).

Comparando o controle com T7 onde foram aplicadas o produto Corn Seed no tratamento de semente e aplicação foliar do *Azospirillum* em V3, houve um acréscimo na produtividade de 2378,4 kg ha<sup>-1</sup>. O produto comercial Corn Seed tem um custo de R\$ 15,00 por ha<sup>-1</sup> para o tratamento de semente, para a bactéria *Azospirillum* o custo é de R\$ 24,00 por ha<sup>-1</sup> realizado em V3 no caso para aplicações foliares. Dessa forma com um custo total de 39,00 reais por hectare tem-se um retorno de 2378,4 kg ha<sup>-1</sup> do grão, portanto cabe ao produtor saber o custo de sua produção para tomar a decisão de aplicar ou não.

Portugal et al. (2012) encontraram resultados semelhantes para a produtividade do milho com a utilização da bactéria *A. brasilense* onde houve um incremento de 868 kg ha<sup>-1</sup>, representando aumento de 14,75%, e afirmam ainda que a aplicação dessa bactéria deve ser realizada em no máximo 10 dias após a emergência para obter bons resultados, haja vista que em seu trabalho não houve diferença significativa entre a testemunha e quando aplicado a bactéria na semeadura, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

## CONCLUSÕES

1 - A aplicação do bioestimulante Corn Seed no tratamento de semente, associado à bactéria *Azospirillum brasilense* em V3, mostrou ser eficiente como um manejo nutricional proporcionando aumento nas variáveis de produção da cultura do milho irrigado.

2 - A aplicação simultânea na semeadura, dos produtos Corn Seed e *Azospirillum brasilense*, não apresentou aumento significativo no número de grãos por espiga.

3 - A irrigação proporcionou produtividades acima de 7000 kg ha<sup>-1</sup> mesmo com semeadura fora da janela de plantio para a região e a utilização dos bioestimulantes potencializaram sua produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: **FAO**, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

BASI, S. Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. 2013. 63 f. **Dissertação** (Mestrado em Área de Concentração de Produção Vegetal). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2018. Brasília: CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acessado dia 18 de outubro de 2018.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. DA; BASTOS, F. J. DE C.; CARVALHO, J. J. DE; MOURA, L. M. DE F.; TEIXEIRA, M. B.; ROCHA, A. C. DA; SOUCHIE, E. L. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p261-272>

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/5838>>.

DOURADO NETO D.; DARIO G.J.A.; BARBIERI A.P.P.; MARTIN T.N.; Ação de estimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. Uberlândia, v.30, **supplement 1**, p. 371-379, 2014.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A., MARTIN, T. N.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e

influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FANCELLI, A. L. Fenologia, fisiologia da produção e implicações práticas de manejo. In: **Milho: produção e produtividade**, Piracicaba: USP/ ESALQ/LPV, 2011, p. 1-34.

FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D., (Ed.). **Milho: Estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 174-197.

FARIA, M.V. Proteção e nutrição foliar na produção de massa seca, acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes em híbridos de milho. 2014. 84f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

FERREIRA Jr., D. C.; JÚNIOR, R. C.; SALES, C. G. R.; LANDIM, T. N.; WERLANG, R. C.; BRITO, C. H.; Produção e qualidade de grãos de milho sob doses de nitrogênio e reguladores de crescimento. In: **XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, Bento Gonçalves, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, V. E. N.; KAPPES, C.; PEREIRA, P. H. T.; JUNIOR, W. K. K. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em cobertura no milho safrinha. **Embrapa. XII Seminário Nacional. Milho Safrinha - Estabilidade e Produtividade**. Dourados MS. 25/28 nov, 2013.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **Springer**, v. 6, n. 3, 2016.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum* brasiliense: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: **Embrapa Soja**, 2011. 36p.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum* brasiliense and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

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**, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

MORAIS T. P.; BRITO C. H.; FERREIRA A. S.; LUZ J. M. Q.; Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum* brasiliense. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 62, n.6, p. 507-509, nov-dez, 2015.

MULLER, T. M., BAZZANEZI, A. N., VIDAL, V., TUROK, J. D. N., RODRIGUES, J. D., & SANDINI, I. E. Inoculação de *Azospirillum* brasiliense no tratamento de sementes e sulco de semeadura na cultura do milho. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO** - Águas de Lindóia – SP. Anais... Campinas: IAC/ABMS, 2012. P. 1665-1671.

MULLER, T. M.; SANDINI, I. E.; RODRIGUES, J. D.; NOVAKOWISKI, J. H.; BASI, S.; KAMINSKI, T. H. Combination of inoculation methods of *Azospirillum* brasiliense with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, v. 46, p. 210-215, 2015.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; LONGUI, W. V.; GITTI, D. C.; BARBIERI, M. K. F.; GONZAGA, A. R.; TEIXEIRA, D. S. Inoculação com *Azospirillum* brasiliense via foliar associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 29 Águas de Lindóia – SP. Anais... Campinas: IAC/ABMS, 2012. p. 1413-1419.

RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; NEVES, S. M. A. da S.; DALCHIAVON, F. C.; SANTI, A.; VIEIRA, F. F. Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato

Grosso utilizando krigagem ordinária. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 20, n. 13, p. 211-233, 2017.

REPKE, R. A., CRUZ, S. J. S., SILVA, C. J. D., 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**, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

SÁ JÚNIOR, A.; Comportamento agronômico do milho em resposta ao modo de aplicação e concentrações de *Azospirillum brasilense*. 2012. 51f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SFREDO, G. J. **Documentos 305**. Embrapa Soja, p. 148, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc305.pdf>>.

SOBENKO, L. R.; JÚNIOR, E. D. F.; SANTOS, O. N. A.; MARQUES, P. A. A. Estimativa da necessidade de irrigação na cultura do milho safrinha em sorriso-mt por métodos agroclimatológicos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.3, p. 544-557, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Junior, A. M. D. et. al. 5. ed.; Porto Alegre: Artmed, 2013, 918p.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3. ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, 719 p.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura brasileira, de modo geral, cresceu até o momento em produção sem muito pensar em produtividade, expandindo áreas acarretando em altos custos de produção por hectare pouco controle com aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, e o impacto que isso causará ao meio ambiente é atualmente projetos de discussão. Pesquisadores e influenciadores percebem que o emprego de novas práticas agrícolas para elevação da produtividade, em detrimento da preservação ambiental, da qualidade dos produtos agrícolas, da diversidade de espécies e variedades, da renda das famílias no campo, são fatores que dever ser analisados para o alcance da sustentabilidade.

Diante do exposto, a adoção de tecnologias e práticas que visem reduzir o emprego maciço de agrotóxicos, fertilizantes industrializados, dentre outros, pode contribuir para manter ou reduzir os custos de produção e a contaminação de solos, águas e produtos agrícolas em contrapartida ampliar a produtividade e elevar o nível de sustentabilidade dos sistemas. O emprego de inoculantes contendo a bactéria *Azospirillum brasilense* e a alga *Kappaphychus alvarezii* pode ser uma alternativa para a redução de aplicação de fertilizantes nitrogenados visando maior sustentabilidade, além de reduzir o impacto ambiental devido sua intensa aplicação no solo.

A inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6, associada à alga *Kappaphychus alvarezii* em sementes de soja e milho, promoveu incrementos sobre a produtividade das culturas em determinadas situações. Foi possível observar uma maior eficiência dos produtos nos tratamentos irrigados, porém nos tratamentos que não receberam irrigação a Alga + Bactéria no TS + aplicação de ambos em V3, se destacou nas avaliações para as duas culturas.

Em comparação com os outros tratamentos que se diferiram, somente pelo período de aplicação e sua associação, podemos afirmar que a aplicação após a fase V3 não é eficiente e que os produtos associados em duas aplicações são os melhores.

A utilização dos produtos a base de *Azospirillum brasilense* associado ao Corn seed proporciona resultados satisfatórios à produtividade do milho segunda safra, visto que a aplicação deve ser realizada em tratamento de semente com o corn seed e em V3 para o *A. brasilense*.