

## Azospirillum Brasilense e ácido jasmônico como atenuadores na produtividade de espigas de milho crioulo sob diferentes regimes hídrico

Objetivou-se com o estudo avaliar a ação do *Azospirillum brasilense* e ácido jasmônico como atenuadores na produtividade nas espigas de milho crioulo em diferentes lâminas de água. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) cidade de Belém (PA), o delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial do tipo 2 A. *brasilense* (ausência e presença) x 3 Ácido Jasmônico (0,10 e 20  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) x 3 lâminas de irrigação (60, 80 e 100% da CC – Capacidade de Campo), contendo 4 repetições, totalizando 72 unidades experimentais, utilizando sementes de milho crioulo. Foram realizadas avaliações no estágio R6-maturidade fisiológica: altura de inserção da espiga, diâmetro da espiga com palha, diâmetro da espiga sem palha, diâmetro do sabugo, massa da espiga com palha, massa da espiga sem palha, massa do sabugo, comprimento da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga. Os dados experimentais foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilks e Levene a 5% de significância. Posteriormente, realizou-se análise de variância, na qual se procedeu aos desdobramentos que se mostraram significativos. Os efeitos das doses de ácido jasmônico na presença e ausência de A. *brasilense* e nas condições de deficiência hídrica foram estudados mediante análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância, por meio do software estatístico SISVAR. A variável de MGE apresentou ajuste ao modelo quadrático nos estados de 80% e 100% da CC na ausência e presença de A. *brasilense* com melhor Valor matemático de eficiência técnica (Ymet) em 100% da CC na presença de A. *brasilense*, 41,48% superior ao tratamento de 80% da CC. Na variável NGE as condições de 60%, 80% e 100% da CC na ausência de A. *brasilense* apresentaram ajuste ao modelo quadrático obtendo melhor Ymet em 100% da CC, quantidade 50,55% maior em relação a 80% da CC e 66,35% em comparação com 60% da CC. A lâmina de 80% da CC apresentou melhores interações entre A. *brasilense* e o ácido jasmônico nas variáveis estudadas. O ácido jasmônico obteve melhores respostas isoladamente entre as lâminas de irrigação. Os resultados para a lâmina de 60% da CC com uso de atenuantes foram inferiores aos das demais lâminas. O tratamento de 10  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de AJ foi o que mais se aproximou das dosagens estimadas como positivas para a produtividade das espigas.

**Palavras-chave:** Sinalização; Produção; Resistência.

## Azospirillum Brasilense and jasmonic acid as attenuators in the productivity of crioulo corn cobs under different water regimes

In this way, the objective was to evaluate the action of *Azospirillum brasilense* and jasmonic acid as attenuators in the productivity of Creole corn plants in different water depths. The experiment was conducted in a greenhouse, belonging to the Integrated Weed Management Group of the Amazon (MIPDAM), located at the Institute of Agricultural Sciences (ICA) of the Federal Rural University of the Amazon (UFRA), municipality of Belém (PA), the experimental design was completely randomized in a factorial scheme of type 2 A. *brasilense* (absence and presence) x 3 Jasmonic Acid (0,10 and 20  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) x 3 irrigation depths (60.80 and 100% of CC), containing 4 replications, totaling 72 experimental units, using Creole corn seeds. Evaluations were carried out at the physiological maturity stage R6: number of tassels, number of branches of the tassel, number of ears, number of ears, height of ear insertion, diameter of ear with straw, diameter of ear without straw, diameter of cob, mass of cob with straw, mass of cob without straw, mass of cob, length of cob, number of rows per ear, number of grains per ear, mass of grains per ear. The experimental data were submitted to the Shapiro-Wilks and Levene tests at 5% significance. Subsequently, analysis of variance was carried out, in which the developments were shown to be significant. The effects of doses of jasmonic acid in the presence and absence of A. *brasilense* and in water deficiency conditions were studied by means of polynomial regression analysis, observing the results of the F test ( $p < 0.05$ ) of the analysis of variance, by using the SISVAR statistical software. The MGE variable adjusted to the quadratic model in the states of 80% and 100% of the CC in the absence and presence of A. *brasilense* with the best mathematical value of technical efficiency (Ymet) in 100% of the CC in the presence of A. *brasilense*, 41.48% higher than the 80% treatment of CC. In the NGE variable, the conditions of 60%, 80% and 100% of the CC in the absence of A. *brasilense* showed adjustment to the quadratic model, obtaining a better Ymet in 100% of the CC, a quantity 50.55% greater in relation to 80% of the CC and 66.35% compared to 60% of CC. The 80% CC blade showed better interactions between A. *brasilense* and Jasmonic acid in the studied variables. Jasmine acid obtained better responses in isolation between the irrigation depths. The results for the blade of 60% of the CC with the use of attenuators were inferior to those of the other slides. The treatment of 10  $\mu\text{mol L}^{-1}$  of AJ was the one that came closest to the dosages estimated as positive for plant productivity.


**Keywords:** Signaling; Production; Resistance.


Topic: **Experimentação Agrícola**


Received: **06/12/2021**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Approved: **07/01/2022**


**Evelyn Fátima Lima de Souza**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6395965189467020>  
<https://orcid.org/0000-0002-2234-9313>  
[evelynfatima97@gmail.com](mailto:evelynfatima97@gmail.com)


**Keila Beatriz Silva Teixeira**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1308728556001451>  
<https://orcid.org/0000-0001-6458-6619>  
[keilateixeiraagro@gmail.com](mailto:keilateixeiraagro@gmail.com)


**Gabriel Gustavo Tavares Nunes Monteiro**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0588248847415219>  
<https://orcid.org/0000-0003-0572-1731>  
[eng.agro.gmonteiro@gmail.com](mailto:eng.agro.gmonteiro@gmail.com)

**Anglyse Costa da Silva**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/842477681126834>  
<https://orcid.org/0000-0002-1197-0913>  
[anglyscosta@gmail.com](mailto:anglyscosta@gmail.com)

**Sara Cristine Farias de Oliveira**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6389391638147936>  
<https://orcid.org/0000-0002-7251-6562>  
[saracristinefariasdeoliveira@gmail.com](mailto:saracristinefariasdeoliveira@gmail.com)

**Bianca da Fonseca Gomes**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9141025821259030>  
<https://orcid.org/0000-0003-3724-4917biancagomes0126@gmail.com>

**Priscilla Andrade Silva**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7666887041806711>  
<https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>  
[prisciandra@yahoo.com.br](mailto:prisciandra@yahoo.com.br)

**Cândido Ferreira de Oliveira Neto**   
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/032766348>  
<https://orcid.org/0000-0002-6070-0549>  
[candidooliveiraneto@gmail.com](mailto:candidooliveiraneto@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.001.0005

### Referencing this:

SOUZA, E. F. L.; TEIXEIRA, K. B. S.; MONTEIRO, G. G. T. N.; SILVA, A. C.; OLIVEIRA, S. C. F.; GOMES, B. F.; SILVA, P. A.; OLIVEIRA NETO, C. F.. Azospirillum Brasilense e ácido jasmônico como atenuadores na produtividade de espigas de milho crioulo sob diferentes regimes hídrico. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.1, p.60-73, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.001.0005>

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem cerca de 300 raças identificadas e são trabalhadas como um depósito genético, as comunidades rurais e tradicionais de pequenos produtores são as que normalmente contribuem para a conservação das variedades de milho crioulo, proporcionando o estudo de genes mais resistentes, tolerantes e/ou eficientes em comparação aos estresses bióticos e abióticos atuais e futuros (MACHADO et al., 2011).

Geralmente, as plantações crioulas são inferiores em termos de produtividade quando comparadas as comerciais, contudo, são imprescindíveis por estabelecerem uma fonte de variabilidade genética (ARAÚJO et al., 2002). Logo, o produtor pode optar por não adquirir sementes comerciais, que por sua vez possuem custo superior e são mais exigentes quanto a insumos, reduzindo assim os custos de produção (BALBINOT JÚNIOR et al., 2015). Um indicativo de superioridade das variedades crioulas em comparação com as comerciais é a produtividade, seja em grãos ou em volume de palhada para alimentação de gado de leite (MELO, 2019).

O milho é amplamente conhecido pela sensibilidade a estresses hídricos, relacionados a baixos níveis de água (WELCKER et al., 2007). Pesquisas sobre a tolerância a seca compreendendo a cultura do milho podem provocar melhorias no crescimento de localidades com limitações hídricas (LI et al., 2009). Em relação à tolerância à seca as respostas fisiológicas podem se alterar conforme o rigor e tempo de imposição ao estresse, estágio fenológico e material genético (SHAO et al., 2008). A baixa quantidade de água, dependendo do ciclo produtivo do milho pode reduzir rigorosamente o seu rendimento (SOUZA et al., 2015). O intervalo entre florescimento masculino e feminino aumenta em situações de seca, que está negativamente relacionado com a produção de grãos (KÖPP et al., 2015). Circunstâncias adversas, como a seca, podem prejudicar a polinização, não havendo formação de grãos e desse modo direcionar a uma quebra na produtividade (OSTI et al., 2019).

Diversas bactérias diazotróficas foram selecionadas para a cultura de milho, destacando-se as espécies *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*, sendo as espécies mais estudadas as do gênero *Azospirillum* spp. (REIS et al., 2000). O *Azospirillum* spp. apresenta abundante disseminação nos solos tropicais e subtropicais (ELMERICH et al., 2007). Dentre as bactérias pertencentes a este gênero a que se destaca por seu maior potencial é a *Azospirillum brasilense*, tendo inoculantes da mesma comercializados no Brasil (MUMBACH, 2017).

As plantas reagem a baixas condições hídricas através de diversas mudanças fisiológicas e bioquímicas, entre as várias propriedades adaptativas, as alterações na arquitetura radicular são as mais significativas nessas condições (HUANG et al., 2014). Desse modo, a associação planta-bactéria é uma opção, visto a capacidade desses organismos de colonizar o sistema radicular, estimulando seu crescimento (ZAHEDI et al., 2015).

A inoculação possibilita, em alguns casos, a obtenção de bons rendimentos ou ganhos em crescimento das culturas (BRUM et al., 2016). Todavia, há relatos de inoculações que não obtiveram efeitos

no ganho (REPKE et al., 2013). Alguns ensaios realizados com *Azospirillum brasilense* demonstraram um incremento de 24% a 30% no rendimento de grãos na cultura do milho em comparação ao tratamento sem a bactéria, que foi primordial para selecionar as primeiras estirpes permitidas para inoculantes comerciais no Brasil (HUNGRIA et al., 2010; MARTINEZ et al., 2015).

O Ácido Jasmônico (AJ) é caracterizado como um fitohormônio que age como regulador vegetal, e exerce funções no crescimento e desenvolvimento das plantas em situação de estresse ambiental (COSTA, 2010). O papel do ácido jasmônico na resposta da planta a deficiência hídrica tem sido apontado, pois este estresse estimula a expressão de vários genes que respondem a este fitohormônio (BELL et al., 1991). Algumas pesquisas consideram que os níveis deste fitohormônio nas raízes e folhas maduras são mais baixos e que este pode se mover facilmente nos tecidos da planta em estado líquido ou gasoso (FARMER et al., 1990). De acordo com Secatto (2013), este fitohormônio pode estar inserido a ideia de sustentabilidade devido ser menos danoso ao meio ambiente quando comparado a pesticidas, minerais e fertilizantes. No ápice caulinar e radicular e nas estruturas jovens (flores e frutos) podem ser observados os maiores níveis de jasmonatos, sendo sua síntese estimulada sobretudo, por ferimentos ou por deficiência hídrica (FAGAN et al., 2015).

Conforme o supracitado, o trabalho teve como objetivo avaliar as características morfológicas da ação de *Azospirillum brasilense* e ácido jasmônico como atenuadores na produtividade de espigas de milho crioulo em diferentes lâminas de água.

## **METODOLOGIA**

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2020 a fevereiro de 2021 em asa de vegetação, localizada na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), cidade de Belém (PA), situada geograficamente a 48°30'16" de longitude Oeste de Greenwich e 1°27'21" de latitude ao Sul do Equador, com altitude média de 10m, temperatura e umidade relativa média de 36,5°C e 66%UR, sendo mensuradas com termo-higrômetro digital modelo K29-5070H.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial do tipo 2 *A. brasilense* (ausência e presença) x 3 lâminas de água (60, 80 e 100% da capacidade de campo) x 3 Ácido Jasmônico (0, 10 e 20  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ), contendo 4 repetições, totalizando 72 unidades experimentais. Foram utilizadas sementes de milho crioulo da variedade BRS 4157 Sol-da-manhã Nitroflint, cedidas pelo Movimento Camponês Popular (MCP) do município de Igarapé-açu. As sementes passaram por assepsia com hipoclorito de sódio a 1% por 3 minutos e em seguida lavadas com água destilada e colocadas em papel toalha para secar (CICERO et al., 2003). Posteriormente, as sementes de milho foram inoculadas com *A. brasilense* em veículo turfoso, estirpes AbV5 e AbV6, cerca de 2 horas antes da semeadura, onde se preparou uma solução de glucose a 10% para umedecimento das sementes e aplicação do inoculante (50g de inoculante/ 10kg de sementes), de modo que todas as sementes ficaram cobertas, após esse procedimento foi deixadas a sombra e em local arejado para secagem e aderência do inoculante, conforme instruções do fabricante (EMBRAPA).

Foi realizado o cultivo de 5 sementes por vaso, com capacidade de 11,7.L<sup>-1</sup>, contendo substrato de solo do tipo Latossolo amarelo distrófico, ao qual foi enviado para análise (Tabela 1) sendo previamente peneirado em peneira de 2 mm. O primeiro desbaste foi efetuado com 7 dias, deixando apenas duas plantas por vaso, e as 14 dias foi realizado o segundo, restando uma planta por vaso. Foi realizada adubação nitrogenada com ureia no plantio e na cobertura como recomenda o livro de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Pará (BRASIL, 2020).

**Tabela 1:** Análise química do solo.

| Análise Química do Solo |              |                   |    |                    |      |                       |    |    |          |      |      |
|-------------------------|--------------|-------------------|----|--------------------|------|-----------------------|----|----|----------|------|------|
| pH                      |              | COT               | MO | P                  | N    | K                     | Ca | Mg | Al (KCl) | H+Al | SB   |
| CaCl <sup>2</sup>       | Tampão (SMP) | g/dm <sup>3</sup> |    | mg/dm <sup>3</sup> | Ppm  | mmolc/dm <sup>3</sup> |    |    |          |      |      |
| 5,9                     | 6,51         | 40                | 94 | 87                 | 2688 | 2,9                   | 31 | 19 | 0        | 25   | 65,1 |

\*Determinada no laboratório de solo do Instituto Brasileiro de Análises (IBRA), de acordo com os métodos descritos pelo IAC (2001) e EMBRAPA (2009). pH: potencial hidrogeniônico; COT: Carbono Orgânico Total; MO: Matéria Orgânica; P: fósforo; N: nitrogênio; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; KCl: cloreto de potássio; H: hidrogênio; SB: soma de bases; CaCl<sup>2</sup>: cloreto de cálcio e SMP: Shoemaker, Mac lean e Pratt.

Foi utilizado um sensor de umidade do solo modelo TEROS 10 – METER ENVIRONMENT para mensurar a quantidade de água do solo. Todos os tratamentos foram irrigados diariamente por 7 dias até capacidade de campo (CC – 100%) para estabelecimento das plântulas (BRASIL, 2009), sendo realizada a partir desse ponto uma suspensão hídrica nos tratamentos de 60% e 80% da capacidade de campo, apenas o tratamento de 100% foi irrigado todos os dias, quando todos atingiram suas respectivas porcentagens houve uma manutenção diária da irrigação obedecendo aos tratamentos.

A aplicação de Ácido Jasmônico (Sigma Chemical Co.) foi realizada em 3 tratamentos – testemunha (sem aplicação), 10 e 20 µmol.L<sup>-1</sup> – via pulverização foliar com pulverizador spray manual (Figura 4) usando 5mL por planta, aplicando em todas as folhas de maneira adaxial e abaxial, a solução foi diluída em água destilada e Tween 20 (0,05%) para dar aderência nas folhas (LOPES et al., 2009), aplicação se deu no 20º e 40º dia após a semeadura.

Quando as plantas atingiram o estágio R6, entre 90 e 105 dias após a semeadura (Figura 1), que se caracteriza a maturidade fisiológica, foram realizadas as seguintes avaliações: altura de Inserção da Espiga (AIE), com auxílio de uma trena graduada em centímetros, mediu-se da base do solo até a altura da primeira espiga, conforme metodologia descrita por Farias et al (2016); Diâmetro da Espiga Com Palha (DECP) e Diâmetro da Espiga Sem Palha (DESP), e Diâmetro do Sabugo (DS), medindo pelo terço médio utilizando um paquímetro digital modelo ZAAS precision (ABREU, 2016); Massa da Espiga Com Palha (MECP), Massa da Espiga Sem Palha (MESP) e Massa do Sabugo (MS) usando uma balança de precisão 0,0001 g (GRIGULO et al., 2011); Comprimento da Espiga (CE), com uma trena graduada em centímetros (SANTOS et al., 2005); Número de Fileiras por Espiga (NFE) sendo realizada a contagem manual (KOPPER et al., 2017); Número de Grãos por Espiga (NGE), por contagem manual (ZILIO et al., 2017); Massa de Grãos por Espiga (MGE), feita com uma balança de precisão 0,0001 g (BRACHTVOGEL et al., 2009).

Os dados experimentais foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilks e Levene a 5% de significância para verificação da normalidade e homoscedasticidade dos dados, respectivamente. Posteriormente, realizou-se análise de variância, na qual se procedeu aos desdobramentos que se

mostraram significativos. Os efeitos das doses de ácido jasmônico na presença e ausência da *A. brasilense* em diferentes lâminas de água de foram estudados mediante análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância, por meio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).



Figura 1: Representação de espigas por cada tratamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na condição de irrigação de 60% e 100% da capacidade de campo (CC) com ausência e presença de *A. brasilense* da AIE (Tabela 2) observou-se ajuste ao modelo quadrático, com melhor  $Y_{met}$  em 100% da CC e ausência da bactéria, sendo 14,16% superior que na presença de *A. brasilense* e 33,52% em comparação com 60% da CC sem *A. brasilense*. Já em 80% da CC, ocorreu ajuste ao modelo linear crescente tanto na ausência quanto na presença de *A. brasilense* demonstrando que quanto mais se aplica as doses de AJ aumenta-se a AIE.

**Tabela 2:** Altura de Inserção da Espiga (AIE) das plantas de milho crioulo submetidas a diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                            | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                  | $R^2$ | $Y_{met}$ | AJmet |
|--|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-----------|-------|
|  |                          | 0                             | 10    | 20    |                          |       |           |       |
| <b>Altura de Inserção da Espiga (cm)</b> |                          |                               |       |       |                          |       |           |       |
| 60                                       | Ausência                 | 60,62                         | 61,05 | 55,50 | $Y=60,62+0,34X-0,030X^2$ | 0,99  | 61,60     | 5,71  |
|  | Presença                 | 59,32                         | 55,25 | 56,85 | $Y=59,32-0,69X+0,028X^2$ | 0,99  | 55,11     | 12,18 |
| 80                                       | Ausência                 | 67,02                         | 72,50 | 76,50 | $Y=67,27+0,47X$          | 0,98  | ----      | ----  |
|  | Presença                 | 69,12                         | 75,52 | 79,62 | $Y=69,51+0,52X$          | 0,97  | ----      | ----  |
| 100                                      | Ausência                 | 60,87                         | 91,17 | 82,35 | $Y=60,87+4,99X-0,19X^2$  | 0,99  | 92,65     | 12,74 |
|  | Presença                 | 84,35                         | 79,72 | 81,30 | $Y=84,35-0,77X+0,031X^2$ | 0,99  | 79,54     | 12,46 |

\*NS: não significativo;  $R^2$  - coeficiente de determinação;  $Y_{met}$  - valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet - dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

Segundo Lorenzo et al. (2005) o ácido jasmônico manifesta papel relevante na transdução de sinais moleculares que possibilitam a ativação de genes de defesa a fatores adversos. Algumas pesquisas não observaram diferenças na AIE com a utilização de *A. brasilense* (PANDOLFO et al., 2015; ROCHA et al., 2020). Possivelmente uma medida de adaptação ao estresse, sofrido pelas lâminas de água inferiores a CC, foi reduzir a estatura da planta, conseqüentemente a AIE. Plantas com altura de inserção da espiga muito altas podem estar sujeitas a acamamento e tombamento em condições de estresse (KOTOWSKI, 2015).

A variável diâmetro da espiga com palha (Tabela 3) em todos os tratamentos avaliados resultou no ajuste ao modelo quadrático, com o maior Ymet de 36,01 mm obtido na dose de 13,96  $\mu\text{mol. L}^{-1}$  de AJ, na condição de 100% da CC e ausência de *A. brasilense*, sendo reduzidos à medida de intensidade do estresse. Na presença da bactéria o melhor Ymet foi em 80% da CC, sendo 14,13% superior a 100% da CC e 34,17% maior que em 60% da CC. Rodrigues et al. (2020) observaram incremento no DECP nas plantas de milho inoculadas com *A. brasilense* e reiteram os benefícios do uso desta bactéria na cultura. Gonçalves (2013) percebeu resultados positivos da utilização do AJ em plantas em condição de baixo nível de água no solo.

**Tabela 3:** Diâmetro das Espigas Com Palha (DECP) das plantas de milho crioulo submetidas a diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                            | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                  | R <sup>2</sup> | Ymet  | AJmet |
|--|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|----------------|-------|-------|
|  |                          | 0                             | 10    | 20    |                          |                |       |       |
| <b>Diâmetro da Espiga com Palha (mm)</b> |                          |                               |       |       |                          |                |       |       |
| 60                                       | Ausência                 | 19,10                         | 28,29 | 21,19 | $Y=19,10+1,73X-0,081X^2$ | 0,99           | 28,33 | 10,64 |
|  | Presença                 | 26,12                         | 22,93 | 26,37 | $Y=26,12-0,65X+0,033X^2$ | 0,95           | 22,93 | 9,81  |
| 80                                       | Ausência                 | 40,15                         | 29,43 | 43,21 | $Y=40,15-2,30X+0,12X^2$  | 0,92           | 29,38 | 9,38  |
|  | Presença                 | 32,01                         | 34,88 | 27,68 | $Y=32,01+0,79X-0,050X^2$ | 0,97           | 35,11 | 7,85  |
| 100                                      | Ausência                 | 2,72                          | 33,33 | 29,78 | $Y=2,72+4,77X-0,17X^2$   | 0,81           | 36,01 | 13,96 |
|  | Presença                 | 33,33                         | 30,19 | 32,09 | $Y=33,33-0,56X+0,025X^2$ | 0,93           | 30,15 | 11,23 |

\*NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Ymet – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

Na condição de 60% da CC no DESP (Tabela 4), ausência e presença de *A. brasilense*, houve ajuste ao modelo quadrático, com melhor Ymet na ausência da *A. brasilense*, sendo 24,54% maior que na presença da bactéria. Na condição de 80% da CC a ausência de *A. brasilense* teve ajuste ao modelo quadrático, apresentando Ymet de 25,61 mm na dose de 9,96  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de AJ, já a presença de *A. brasilense* teve ajuste ao modelo linear decrescente, manifestando efeito negativo às doses de AJ. Houve ajuste ao modelo quadrático na condição de 100% da CC na ausência de *A. brasilense*, e ajuste linear crescente na presença de *A. brasilense*, mostrando que quanto maior a dose de AJ aumenta-se o DESP. A inoculação com *A. brasilense* em plantas de milho aumentou o diâmetro de espiga (VORPAGEL, 2012). Anderson et al. (1989) relatam que AJ pode agir antagonicamente, isto é, inibir ou favorecer o crescimento e desenvolvimento, em plantas ou em órgãos vegetais.

**Tabela 4:** Diâmetro das Espigas Sem Palha (DESP) das plantas de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                            | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                  | R <sup>2</sup> | Ymet  | AJmet |
|--|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|----------------|-------|-------|
|  |                          | 0                             | 10    | 20    |                          |                |       |       |
| <b>Diâmetro da Espiga sem Palha (mm)</b> |                          |                               |       |       |                          |                |       |       |
| 60                                       | Ausência                 | 14,52                         | 25,27 | 17,99 | $Y=14,52+1,98X-0,090X^2$ | 0,99           | 25,35 | 10,96 |
|  | Presença                 | 22,87                         | 19,14 | 22,14 | $Y=22,87-0,71X+0,034X^2$ | 0,89           | 19,13 | 10,54 |
| 80                                       | Ausência                 | 38,18                         | 25,61 | 38,37 | $Y=38,18-2,52X+0,13X^2$  | 0,81           | 25,61 | 9,96  |
|  | Presença                 | 31,44                         | 30,70 | 25,49 | $Y=32,18-0,30X$          | 0,84           | ----  | ----  |
| 100                                      | Ausência                 | 1,83                          | 30,65 | 25,06 | $Y=1,83+4,60X-0,17X^2$   | 0,91           | 32,61 | 13,38 |
|  | Presença                 | 27,48                         | 29,11 | 31,76 | $Y=27,31+0,21X$          | 0,98           | ----  | ----  |

\*NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Ymet – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

A variável de diâmetro do sabugo (Tabela 5) quando a irrigação foi de 60% da CC na ausência de *A. brasilense* o ajuste se deu ao modelo quadrático obtendo Ymet de 17,71mm na dose de 11,95  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de

AJ, e na presença de *A. brasilense* se ajustou ao modelo linear crescente, indicando que quando maiores as doses de AJ o diâmetro do sabugo pode ser elevado. Nas situações de 80% e 100% da CC na ausência e presença de *A. brasilense* a variável se ajustou ao modelo quadrático tendo melhor Ymet em 80% da CC na presença da *A. brasilense*, sendo 22,19% maior que na condição de 100% da CC. Na literatura não há relatos da ação do AJ na variável estudada ocorrendo o mesmo para a MECP, reiterando a necessidade de mais estudos sobre este produto. Matos et al. (2017) não observaram diferenças significativas no DS na presença de *A. brasilense*.

**Tabela 5:** Diâmetro dos Sabugos (DS) das espigas de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                  | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                  | R <sup>2</sup> | Ymet  | AJmet |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|----------------|-------|-------|
|                                |                          | 0                             | 10    | 20    |                          |                |       |       |
| <b>Diâmetro do Sabugo (mm)</b> |                          |                               |       |       |                          |                |       |       |
| 60                             | Ausência                 | 12,04                         | 17,56 | 15,14 | $Y=12,04+0,95X-0,040X^2$ | 0,99           | 17,71 | 11,95 |
|                                | Presença                 | 14,74                         | 13,06 | 19,45 | $Y=13,39+0,23X$          | 0,51           | ----  | ----  |
| 80                             | Ausência                 | 22,09                         | 16,88 | 23,50 | $Y=22,09-1,11X+0,059X^2$ | 0,84           | 16,86 | 9,40  |
|                                | Presença                 | 18,96                         | 19,56 | 14,80 | $Y=18,96+0,33X-0,027X^2$ | 0,99           | 19,97 | 6,12  |
| 100                            | Ausência                 | 1,82                          | 17,57 | 16,44 | $Y=1,82+2,42X-0,084X^2$  | 0,91           | 19,16 | 14,33 |
|                                | Presença                 | 18,13                         | 15,54 | 18,35 | $Y=18,13-0,53X+0,027X^2$ | 0,9            | 15,54 | 9,79  |

\*NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Ymet – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

Na condição de 60% da CC na ausência de bactéria o ajuste se deu ao modelo quadrático na MECP (Tabela 6) obtendo um Ymet de 29,49 g na dose de 10,91  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de AJ e ajuste ao modelo linear decrescente na presença da *A. brasilense*, mostrando efeito negativo das doses de AJ. Observa-se em 80% da CC ausência da *A. brasilense* ajuste ao modelo linear crescente, havendo efeito positivo das doses, já na presença o ajuste se deu ao modelo linear decrescente mostrando efeito desfavorável das doses de AJ. Constata-se em 100% da CC na ausência e presença da *A. brasilense* ajuste ao modelo quadrático tendo melhor Ymet na ausência da bactéria, resultado 7,56% maior que na presença da *A. brasilense*. A inoculação de sementes de milho com *A. brasilense* apresentou resultados positivos na MECP (BULEGON et al., 2010).

**Tabela 6:** Massa das Espigas Com Palha (MECP) de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                        | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                 | R <sup>2</sup> | Ymet  | AJmet |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------------------------|----------------|-------|-------|
|                                      |                          | 0                             | 10    | 20    |                         |                |       |       |
| <b>Massa da Espiga com Palha (g)</b> |                          |                               |       |       |                         |                |       |       |
| 60                                   | Ausência                 | 16,40                         | 29,32 | 20,02 | $Y=16,40+2,40X-0,11X^2$ | 0,99           | 29,49 | 10,91 |
|                                      | Presença                 | 36,78                         | 23,61 | 25,27 | $Y=34,31-0,57X$         | 0,64           | ----  | ----  |
| 80                                   | Ausência                 | 51,08                         | 54,20 | 77,61 | $Y=47,70+1,33X$         | 0,83           | ----  | ----  |
|                                      | Presença                 | 55,68                         | 54,79 | 39,16 | $Y=58,14-0,83X$         | 0,79           | ----  | ----  |
| 100                                  | Ausência                 | 1,87                          | 84,39 | 45,38 | $Y=1,87+14,33X-0,61X^2$ | 0,99           | 86,34 | 11,79 |
|                                      | Presença                 | 49,12                         | 78,07 | 71,45 | $Y=49,12+4,67X-0,18X^2$ | 0,99           | 79,82 | 13,14 |

NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Ymet – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

A MESP (Tabela 7) quando a irrigação foi 60% da CC na ausência de *A. brasilense* o ajuste se deu ao modelo quadrático obtendo Ymet de 28,03 g na dose de 10,75  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de AJ, e na presença de *A. brasilense* se ajustou ao modelo linear decrescente, indicando que as doses de AJ apresentaram efeito

negativo. Nas situações de 80% e 100% da CC na ausência e presença de *A. brasilense* a variável se ajustou ao modelo quadrático tendo melhor Ymet em 100% da CC na ausência da *A. brasilense*, aumentando 39,36% se comparada com o estado de 80% da CC e ausência da bactéria.

Freire et al. (2010) alegam que o peso da espiga sem palha está relacionado às condições que as plantas estão expostas, e as BPCV promovem maior disponibilidade e absorção de nitrogênio e eficiência da utilização da água, produzindo assim espigas de maior peso. A utilização de AJ em relação à produção de plantas de milho ainda é pouco estudada, sendo necessária uma maior compreensão sobre seus processos em condições de deficiência hídrica, desse modo, a ampliação de estudos sobre esses fatores é importante, podendo servir como ferramenta para elevar a produção agrícola.

**Tabela 7:** Massa das Espigas Sem Palha (MESP) de milho crioulo submetidas a diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                        | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                           | R <sup>2</sup> | Ymet  | AJmet |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|----------------|-------|-------|
|                                      |                          | 0                             | 10    | 20    |                                   |                |       |       |
| <b>Massa da Espiga Sem Palha (g)</b> |                          |                               |       |       |                                   |                |       |       |
| 60                                   | Ausência                 | 13,73                         | 27,96 | 17,44 | Y=13,73+2,66X-0,12X <sup>2</sup>  | 0,99           | 28,03 | 10,75 |
|                                      | Presença                 | 29,28                         | 18,52 | 19,99 | Y=27,24-0,46X                     | 0,63           | ----  | ----  |
| 80                                   | Ausência                 | 68,67                         | 44,52 | 64,21 | Y=68,67-4,61X+0,22X <sup>2</sup>  | 0,97           | 44,46 | 10,51 |
|                                      | Presença                 | 44,24                         | 46,34 | 34,19 | Y=44,24+0,92X-0,071X <sup>2</sup> | 0,94           | 47,23 | 6,47  |
| 100                                  | Ausência                 | 1,70                          | 72,00 | 35,24 | Y=1,70+12,38X-0,53X <sup>2</sup>  | 0,88           | 73,31 | 11,57 |
|                                      | Presença                 | 35,71                         | 69,27 | 64,58 | Y=35,71+5,27X-0,19X <sup>2</sup>  | 0,99           | 71,99 | 13,77 |

\*NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Ymet – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

No nível de 60% e 100% da CC na ausência e presença da *A. brasilense* na variável MS (Tabela 8) ocorreu ajuste ao modelo quadrático com melhor Ymet em 100% da CC e ausência da bactéria, com acréscimo de 47,30% acima da condição de 60% da CC. Em contrapartida o nível de 80% da capacidade de campo na ausência da *A. brasilense* teve ajuste ao modelo quadrático com Ymet de 12,93 g na dose de 11,5  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , já na presença da *A. brasilense* ocorreu ajuste ao modelo linear decrescente, mostrando efeito negativo das doses de AJ. Em uma pesquisa realizada com *herbaspirillum seropedicae*, similar ao gênero *Azospirillum* spp., onde obtiveram resultados positivos e sem efeito, conferindo às respostas a afinidade entre a planta-bactéria (DOTTO et al., 2010). Nafie et al. (2011) constataram a ação do AJ na tolerância a estresse, onde o fitohormônio produziu de moléculas bioativas específicas.

**Tabela 8:** Massa dos Sabugos (MS) de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)              | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                           | R <sup>2</sup> | Ymet  | AJmet |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|----------------|-------|-------|
|                            |                          | 0                             | 10    | 20    |                                   |                |       |       |
| <b>Massa do Sabugo (g)</b> |                          |                               |       |       |                                   |                |       |       |
| 60                         | Ausência                 | 8,93                          | 9,55  | 8,47  | Y=8,93+0,15X-0,0085X <sup>2</sup> | 0,99           | 9,56  | 8,62  |
|                            | Presença                 | 9,72                          | 6,80  | 9,95  | Y=9,72-0,59X+0,030X <sup>2</sup>  | 0,88           | 6,80  | 9,81  |
| 80                         | Ausência                 | 18,29                         | 13,02 | 15,86 | Y=18,29-0,93X+0,040X <sup>2</sup> | 0,82           | 12,93 | 11,50 |
|                            | Presença                 | 15,15                         | 13,36 | 9,12  | Y=15,56-0,30X                     | 0,95           | ----  | ----  |
| 100                        | Ausência                 | 1,65                          | 17,40 | 12,65 | Y=1,65+2,60X-0,10X <sup>2</sup>   | 0,91           | 18,14 | 12,68 |
|                            | Presença                 | 11,60                         | 15,33 | 14,11 | Y=11,60+0,62X-0,025X <sup>2</sup> | 0,99           | 15,49 | 12,53 |

\*NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Ymet – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

No estado de 60% da CC na ausência e presença da *A. brasilense*, o comprimento da espiga (Tabela



9) ajustou-se ao modelo quadrático com melhor  $Y_{met}$  na ausência da *A. brasilense*, aumentando 28,53% sobre a presença da bactéria. Por outro lado, em 80% e 100% da CC na ausência da *A. brasilense* ajustaram-se ao modelo quadrático sendo que o melhor  $Y_{met}$  foi em 100% da CC, somando 19,19% em comparação a 80% da CC, e na presença da *A. brasilense* o ajuste foi ao modelo linear decrescente mostrando efeito contrário das doses de AJ. Relatos na literatura reiteram que os efeitos de microorganismos ou promotores de crescimento são mais relevantes em condições limitadas, como estresses hídricos (SILVA et al., 2017). Leite et al. (2017) estudando a *A. brasilense* em plantas de milho não observou significância na variável de comprimento da espiga.

**Tabela 9:** Comprimento das Espigas (CE) de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                       | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                  | $R^2$ | $Y_{met}$ | AJ <sub>met</sub> |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-----------|-------------------|
|                                     |                          | 0                             | 10    | 20    |                          |       |           |                   |
| <b>Comprimento das Espigas (cm)</b> |                          |                               |       |       |                          |       |           |                   |
| 60                                  | Ausência                 | 9,05                          | 12,20 | 9,55  | $Y=9,05+0,60X-0,029X^2$  | 0,97  | 12,20     | 10,43             |
|                                     | Presença                 | 10,00                         | 8,72  | 9,95  | $Y=10,00-0,25X+0,012X^2$ | 0,83  | 8,72      | 10,10             |
| 80                                  | Ausência                 | 14,47                         | 9,75  | 13,25 | $Y=14,47-0,88X+0,041X^2$ | 0,88  | 9,73      | 10,74             |
|                                     | Presença                 | 14,07                         | 12,07 | 9,50  | $Y=14,17-0,23X$          | 0,99  | ----      | ----              |
| 100                                 | Ausência                 | 2,75                          | 11,50 | 9,57  | $Y=2,75+1,41X-0,053X^2$  | 0,94  | 12,04     | 13,20             |
|                                     | Presença                 | 11,50                         | 11,32 | 11,30 | $Y=11,47-0,010X$         | 0,84  | ----      | ----              |

NS: não significativo;  $R^2$  - coeficiente de determinação;  $Y_{met}$  - valor estimado da máxima eficiência técnica; AJ<sub>met</sub> - dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

No NFE (Tabela 10) o estado de 60% da CC na ausência de *A. brasilense* apresentou ajuste ao modelo quadrático com  $Y_{met}$  de 11,5 unidades na dose de 10  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de AJ, e o ajuste na presença da *A. brasilense* foi ao modelo linear crescente demonstrando que quando maiores as doses de AJ o NFE aumenta. Na condição de 80% da CC na ausência de *A. brasilense* efetuou-se ajuste ao modelo linear crescente salientando que o aumento das doses de AJ podem aumentar NFE, já na presença da bactéria houve efeito inibitório com ajuste ao modelo linear decrescente. Quando a condição foi de 100% da CC o ajuste foi ao modelo quadrático tanto na ausência quanto na presença da *A. brasilense*, contudo, o melhor  $Y_{met}$  foi à ausência de *A. brasilense* sendo 11,44 unidades na dose de 14,09  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de AJ, elevando 21,77% em relação ao tratamento com bactéria.

**Tabela 10:** Número de Fileiras por Espigas (CE) de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                                  | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                  | $R^2$ | $Y_{met}$ | AJ <sub>met</sub> |
|--|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-----------|-------------------|
|  |                          | 0                             | 10    | 20    |                          |       |           |                   |
| <b>Número de Fileiras por Espiga (unidade)</b> |                          |                               |       |       |                          |       |           |                   |
| 60   | Ausência                 | 9,00                          | 11,50 | 9,00  | $Y=9,00+0,50X-0,025X^2$  | 0,9   | 11,50     | 10,00             |
|  | Presença                 | 8,50                          | 6,75  | 11,75 | $Y=7,37+0,16X$           | 0,41  | ----      | ----              |
| 80   | Ausência                 | 11,75                         | 11,00 | 13,75 | $Y=11,17+0,10X$          | 0,49  | ----      | ----              |
|  | Presença                 | 13,00                         | 11,50 | 8,75  | $Y=13,21-0,21X$          | 0,97  | ----      | ----              |
| 100  | Ausência                 | 3,25                          | 10,75 | 10,00 | $Y=3,25+1,162X-0,041X^2$ | 0,92  | 11,44     | 14,09             |
|  | Presença                 | 13,75                         | 9,00  | 12,00 | $Y=13,75-0,86X+0,039X^2$ | 0,88  | 8,95      | 11,13             |

\*NS: não significativo;  $R^2$  - coeficiente de determinação;  $Y_{met}$  - valor estimado da máxima eficiência técnica; AJ<sub>met</sub> - dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

No estudo de Piaty et al. (2017) observaram que o número de fileiras por espiga pode ser menor conforme o excesso ou a deficiência hídrica for intensificada. A inoculação com *A. brasilense* causou

resultados desfavoráveis sob as doses de AJ. Já Debastiani (2016), verificou que a presença do inoculante possibilitou valores maiores no NFE. O AJ sem a utilização da bactéria proporcionou melhores resultados ao NFE. Na agricultura o ácido jasmônico é usado com finalidade de aumentar o desenvolvimento e produção das culturas, principalmente em situações de estresse, contribuindo também na manutenção da qualidade do produto (SUSS et al., 2019).

Na variável NGE (Tabela 11) as condições de 60%, 80% e 100% da CC na ausência de *A. brasilense* apresentaram ajuste ao modelo quadrático obtendo melhor  $Y_{met}$  em 100% da CC, quantidade 50,55% maior em relação a 80% da CC e 66,35% em comparação com 60% da CC, e na presença de *A. brasilense* houve ajuste ao modelo linear crescente somente nas condições de 80% e 100% da CC, mostrando que uso de AJ foi positivo, podendo aumentar o NGE em aplicações mais altas deste fitohormônio, porém em 60% o ajuste se deu ao modelo linear decrescente apresentando efeito negativo, podemos observar visualmente os tratamentos na figura 5. Ao decorrer de um fato estressante, poderão ocorrer perdas nos mais relevantes componentes de produção, dentre eles o número de grãos por espiga (NASCIMENTO et al., 2017). Sangoi et al. (2015) demonstram que o tratamento de sementes com *A. brasilense* não colaborou no aumento do rendimento de grãos do milho. A aplicação exógena de AJ é capaz de aliviar danos causados pelas baixas condições hídricas (RUAN et al., 2019).

**Tabela 11:** Número de Grãos por Espiga (NGE) de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                               | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |        |        | Equação                  | R <sup>2</sup> | Y <sub>met</sub> | AJ <sub>met</sub> |
|---|--------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------------------------|----------------|------------------|-------------------|
|   |                          | 0                             | 10     | 20     |                          |                |                  |                   |
| <b>Número de grãos por espiga (unidade)</b> |                          |                               |        |        |                          |                |                  |                   |
| 60  | Ausência                 | 3,50                          | 60,50  | 20,00  | $Y=3,50+10,57X-0,49X^2$  | 0,78           | 60,85            | 10,85             |
|   | Presença                 | 72,50                         | 31,25  | 24,50  | $Y=66,75-2,40X$          | 0,85           |                  |                   |
| 80  | Ausência                 | 135,75                        | 89,50  | 128,00 | $Y=135,75-8,86X+0,42X^2$ | 0,88           | 89,41            | 10,46             |
|   | Presença                 | 84,25                         | 86,75  | 105,75 | $Y=81,50+1,07X$          | 0,83           |                  |                   |
| 100   | Ausência                 | 0,25                          | 179,00 | 64,75  | $Y=0,25+32,52X-1,46X^2$  | 0,77           | 180,80           | 11,10             |
|   | Presença                 | 87,50                         | 142,75 | 199,75 | $Y=87,21+5,61X$          | 0,99           |                  |                   |

\*NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Y<sub>met</sub> – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJ<sub>met</sub> – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

Observa-se ajuste ao modelo quadrático nos estados de 80% e 100% da CC na ausência e presença da *A. brasilense* na variável de MGE (Tabela 12) com melhor  $Y_{met}$  em 100% da CC na presença de *A. brasilense*, 41,48% superior ao tratamento de 80% da CC. No estado de 60% da CC e ausência de *A. brasilense* houve ajuste quadrático com  $Y_{met}$  de 18,51 g na dose de 10,91  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de AJ e ajuste ao modelo linear decrescente na presença da *A. brasilense* apresentando efeito negativo as doses de AJ.

Segundo Ohland et al. (2005) a massa de grãos por espiga sofre influência do genótipo, disposição de nutrientes e condições climáticas durante o período de enchimento dos grãos. Thomazini et al. (2019) estudando a produtividade do milho verificou que a inoculação proporcionou maior massa de grãos por espiga. Em pesquisas com aplicação exógena de ácido jasmônico observaram-se incrementos na produção soja e cana-de-açúcar (KODA, 1992).

**Tabela 12:** Massa de Grãos por Espiga (MGE) de milho crioulo submetidas à diferentes lâminas de água tendo como atenuadores a *A. brasilense* e o Ácido Jasmônico.

| Irrigação (%)                              | <i>A. brasilense</i> (%) | AJ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) |       |       | Equação                  | R <sup>2</sup> | Ymet  | AJmet |
|--|--------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|----------------|-------|-------|
|  |                          | 0                             | 10    | 20    |                          |                |       |       |
| <b>Massa de grãos por espiga (unidade)</b> |                          |                               |       |       |                          |                |       |       |
| 60   | Ausência                 | 4,79                          | 18,41 | 8,97  | $Y=4,79+2,51X-0,11X^2$   | 0,99           | 18,51 | 10,91 |
|  | Presença                 | 19,57                         | 11,71 | 10,04 | $Y=18,54-0,48X$          | 0,87           | ----  | ----  |
| 80   | Ausência                 | 50,38                         | 31,49 | 48,35 | $Y=50,38-3,68X+0,18X^2$  | 0,82           | 31,48 | 10,28 |
|  | Presença                 | 29,09                         | 32,98 | 25,06 | $Y=29,09+0,98X-0,059X^2$ | 0,99           | 33,15 | 8,29  |
| 100  | Ausência                 | 0,05                          | 54,60 | 22,59 | $Y=0,052+9,78X-0,43X^2$  | 0,81           | 55,33 | 11,30 |
|  | Presença                 | 24,11                         | 53,94 | 50,47 | $Y=24,11+4,65X-0,167X^2$ | 0,97           | 56,55 | 13,96 |

\*NS: não significativo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; Ymet – valor estimado da máxima eficiência técnica; AJmet – dose de AJ pela máxima eficiência técnica.

## CONCLUSÕES

A lâmina de 80% da Capacidade de Campo (CC) apresentou melhores interações entre a *A. brasilense* e o ácido jasmônico nas variáveis estudadas. O ácido jasmônico obteve melhores respostas isoladamente entre as lâminas de água. Os resultados para a lâmina de 60% da CC com uso de atenuantes foram inferiores aos das demais lâminas. O tratamento de 10  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de AJ foi o que mais se aproximou das dosagens estimadas como positivas para a produtividade das plantas.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. M.; SPILATRO, S. R.; KLAUER, S. F.; FRANCESCHI, V. R.. Jasmonic acid-dependent increase in the level of vegetative storage proteins in soybean. **Plant Science**, v.62, n.1, p.45-52, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(89\)90188-X](https://doi.org/10.1016/0168-9452(89)90188-X)
- ARAÚJO, P. M.; NASS, L. L.. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, p.589-593, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000300027>
- BELL, E.; MULLET, J. E.. Lipoxygenase gene expression is modulated in plants by water deficit, wounding, and methyl jasmonate. **Molecular and General Genetics MGG**, v.230, n.3, p.456-462, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00280303>
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J.. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v.39, n.8, p.2334-2339, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000193>
- BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIEGAS, I.. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental-Livro técnico, 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.
- BRUM, M. S.; CUNHA, V. D. S.; STECCA, J. D. L.; GRANDO, L. F. T.; MARTIN, T. N.. Components of corn crop yield under inoculation with *Azospirillum brasilense* using integrated crop-livestock system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, n.4, p.485-492, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.30664>
- BULEGON, L. G.; PINTO JÚNIOR, A. S.; OFFEMANN, L. C.; LEMOS, J.; DRANSKI, J. A. L.; MULLER, M. A.; GUIMARÃES, V. F.. **Utilização de microorganismos diazotróficos visando a redução da utilização de adubo nitrogenado na cultura do milho**. Guarapuava, 2010.
- CASTRO JÚNIOR, W. L.; OLIVEIRA, R. A.; SILVEIRA, S. F. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.. Viabilidade econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, na região dos Cocais-MA. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.3, p.406-418, 2015.
- CICERO, C. M.; SILVA, W. R.. Danos mecânicos associados a patógenos e desempenho de sementes de milho. **Bragantia**, v.62, n.2, p.305-314, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000200017>
- COSTA, N. L.; DAROS, E.. **Bioestimulante como Fator de Produtividade da Cana-de-Açúcar**. Embrapa Roraima Artigo de divulgação na mídia, 2010.
- LEITE, R. C.; SOARES, G. O. S.; LEITE, R. C.; SANTOS, J. G. D.; ANDRÉ, T. B.; SANTOS, A. C.. Cultivo de milho em sistema de plantio direto em pastagem inoculada com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n.4, p.43-49, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21206/bjsa.v7i4.442>
- ABREU, J. A. A.; GONÇALVES, J. R. P.; MELO, S. A.; OKA, J. M.; SENRA, T. V.. Zinco: necessário para a produção de milho em solo de várzea (Iranduba) Amazonas. **Revista Igapó**, v.10, n.2, p.120-134, 2016.
- FARIAS, C. M. Q.; FERNANDES, V.; GOMES, S. M. S.; IZIDORO JUNIOR, A.; BALDISERA, S. S.; SCHWENGBER, R. P.; NASCIMENTO, G. A.. Comportamento de milho híbrido para silagem em diferentes condições de sucessão de culturas no município de Umuarama-PR. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.19, n.4, 2016.

DEBASTIANI, R. S.. **Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* associado à adubação nitrogenada na cultura do milho**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

SANTOS, I. C.; MIRANDA, G. V.; MELO, A. V.; MATTOS, R. N.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. S.; GALVÃO, C. C.. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estádio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, 2005. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n01p%25p>

DOTTO, A. P.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F.. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.376-382, 2010. <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i3a898>

ELMERICH, C.; NEWTON, W. E.. Associative and endosymbiotic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations. **Dordrecht: Springer**, v.5, p.321, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2018.

FAGAN, E. B.. **Fisiologia vegetal: reguladores vegetais**. Piracicaba, 2015.

FARMER, E. E.; RYAN, C. A.. Interplant communication: airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.87, n.19, p.7713-7716, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.87.19.7713>

FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FREIRE, F. M.; VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; PEDROSA, M. W.; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. L. T.. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p.213-222, 2010. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v9n3p213-222>

GONÇALVES, K. S.. **Aplicação de reguladores vegetais e de fosfito de potássio em mudas de eucalipto submetidas à deficiência hídrica**. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

GRIGULO, A. S. M.; AZEVEDO, V. H.; KRAUSE, W.; AZEVEDO, P. H.. Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em Tangará da Serra-MT. **Bioscience Journal**, v.27, n.4, 2011.

HUANG, B.; COSTA, M.; JIANG, Y.. Research advances in mechanisms of turfgrass tolerance to abiotic stresses: from physiology to molecular biology. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.33, n.2-3, p.141-189, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.870411>

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, p.413-425, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>

KODA, Y.. **The role of jasmonic acid and related compounds in the regulation of plant development**. 1992.

KOPP, L. M.; PEITER, M. X.; BEN, L. H. B.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; PADRON, R. A. R.; ROBAINA, A. D.; BUSKE, T. C.. Simulação da necessidade hídrica e estimativa de produtividade para cultura do milho em municípios do RS. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.2, p.235-246, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18512/19806477/rbms.v14n2p235-246>

KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGHI, W. A.; OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T.. Características agrônomicas e produtividade de milho segunda safra em função da velocidade de semeadura e população de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.22, 2017. DOI: <https://doi.org/10.12661/pap.2017.003>

KOTOWSKI, I. E.. **Avaliação da eficiência agrônômica do inoculante a base de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2015.

LI, Y.; SPERRY, J. S.; SHAO, M.. Hydraulic conductance and vulnerability to cavitation in corn (*Zea mays* L.) hybrids of differing drought resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v.66, n.2, p.341-346, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.02.001>

LOPES, B. P. V.; MAEDA, J. M.; SILVA, D. M.; BALESTRI, M. R. D.; JANEGITZ, T.; LEVY, S. M.; CAMPO, C. B. H.. **Efeito da aplicação do ácido cis-jasmônico sobre a indução de flavonóides e de tricomas glandulares em plantas de soja**. Embrapa Soja, 2009

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T.; NASS, L. L.. Manejo da diversidade genética e melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.1, p.127-136, 2011.

MARTINEZ, S. B.; POMÉS, J.; MASI, M. A.; CHALE, W.; BENEDETTO, J. P.; GARBI, M.. Production and response to *Azospirillum brasilense* inoculation in two globe artichoke hybrids. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARTICHOKE, CARDOON AND THEIR WILD RELATIVES, 9. **Anais**. 2015. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1147.31>

MATOS, F. B.; OLIVEIRA, F. F.; PIETROSKI, M.; MULLER, P. F.; TAKESHITA, V.; CAIONE, G.. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.1, p.131-141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n1p131-141>

MELO, S. C. P.. **Sementes Crioulas: análise competitiva e conservação do milho em Goiás**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado) – Universidade estadual de Goiás Universidade Estadual de Goiás, 2019.

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

<http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51475>

NAFIE, E.; HATHOUT, T.; MOKADEM, A. S.. Jasmonic acid elicits oxidative defense and detoxification systems in Cucumis melo L. cells. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.23, n.2, p.161-174, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000200008>

NASCIMENTO, F. N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RAMOS, H. M.. Desempenho da produtividade de espigas de milho verde sob diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.1, p.94-108, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n1p94-108>

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C.. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.538-544, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000300005>

OSTI, A. M.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; GRZEBIELUCKAS, C.; CONCEIÇÃO, A. M.. Rentabilidade do milho e do feijão submetido a diferentes lâminas de irrigação em Mato Grosso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.57, n.4, p.505-518, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.186329>

PANDOLFO, C. M.; VOGT, G. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; ZOLDAN, S. R.. **Desempenho de milho inoculado com Azospirillum brasilense associado a doses de nitrogênio em cobertura**. Embrapa Soja, 2015.

PIATI, G. L.; SANTOS, O. F.; LIMA, S. F.; BARZOTTO, G. R.; SOUZA, H. M.; KUHN, I. E.. **Desfolha em plantas de milho doce irrigado e sua influência sobre as características da espiga**. 2017.

REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D.; DOBEREINER, J.. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Reviews in Plant Science**, v.19, n.3, p.227-247, 2000. <https://doi.org/10.1080/07352680091139213>

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J.. Eficiência da Azospirillum brasilense combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, p.214-226, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p214-226>

ROCHA, R. A. S.; COLTRO, G. L.; LIZZONI, G. C.. Adubação nitrogenada associada à inoculação de azospirillum brasilense na cultura do milho. **Biodiversidade**, v.19, n.4, 2020.

RUAN, J.; ZHOU, Y.; ZHOU, M.; YAN, J.; KHURSHID, M.; WENG, W.; CHENG, J.; ZHANG, K.. Jasmonic acid signaling pathway in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v.20, n.10, p.2479, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20102479>  
SANGOI, L.; SILVA, L. M. M.; MOTTA, M. R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D.

E.. Desempenho agrônomico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* spp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.4, p.1141-1150, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140736>

SECATTO, M.. **Desenvolvimento da síntese total do (±)-ácido jasmônico visando aplicação em escala industrial**. 2013.

SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C.. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, n.3, p.215-225, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.01.002>

SILVA, S. R.; PIRES, J. L. F.. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de Azospirillum, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.4, p.631-638, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170073>

SOUZA, R. S.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BRITO, R. R.. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico. **Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado**, 2015.

SUSS, A. D.; BARTZEN, B. T.; BAZEI, G. L.; BULEGON, L. G.; JÚNIOR, R. C.; GUIMARÃES, V. F.. **Jasmonatos nas plantas e utilização na agricultura**. 2019.

THOMAZINI, G.; REICHEMBACK, M. P.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; BUZZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F.. Inoculação de sementes com Azospirillum brasilense e doses de nitrogênio mineral em milho cultivado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.3, p.396-407, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n3p396-407>

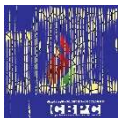
VORPAGEL, A. G.. **Inoculação de Azospirillum, isolado e associado à bioestimulante, em milho, no Noroeste do RS**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2012.

WELCKER, C.; BOUSSUGE, B.; BENCIVENNI, C.; RIBAUT, J. M.; TARDIEU, F.. Are source and sink strengths genetically linked in maize plants subjected to water deficit? A QTL study of the responses of leaf growth and of anthesis-silking interval to water deficit. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.2, p.339-349, 2007.

ZAHEDI, H.; ABBASI, S.. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and water stress on phytohormones and polyamines of soybean. **Indian Journal of Agricultural Research**, v.49, n.5, 2015.

ZILIO, M.; PELOSO, J. A.; MANTOVANI, A.. Produção de forragem e de grãos de trigo de duplo propósito submetido a diferentes densidades de semeadura, adubação nitrogenada e manejos de corte. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.4, p.367-375, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711642017367>

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).  
*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157206268987834369/>