

## **Produtividade e indução de enzimas antioxidantes em Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) irrigado com água salina e Inoculado com *Bradyrhizobium***

**Productivity and induction of antioxidant enzymes in cowpea (*Vigna unguiculata*) irrigated with saline water and inoculated with *Bradyrhizobium***

**Productividad e inducción de enzimas antioxidantes en caupí (*Vigna unguiculata*) regado con agua salina e inoculado con *Bradyrhizobium***

Recebido: 23/03/2022 | Revisado: 02/04/2022 | Aceito: 08/04/2022 | Publicado: 14/04/2022

### **Luana de Pádua Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-1836>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [luanatriunfo2011@hotmail.com](mailto:luanatriunfo2011@hotmail.com)

### **Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8771-8055>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [carolina.ssantos@ufrpe.br](mailto:carolina.ssantos@ufrpe.br)

### **Adriano Nascimento Simões**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8438-2621>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [adriano.simoes@ufrpe.br](mailto:adriano.simoes@ufrpe.br)

### **Rhaiana de Oliveira Aviz**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4462-4339>  
Universidade Federal do Piauí, Brasil  
E-mail: [rhaianaoliveiradeaviz@gmail.com](mailto:rhaianaoliveiradeaviz@gmail.com)

### **Nágila Sabrina Guedes da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4006-1652>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [nagilasabrinaguedes@gmail.com](mailto:nagilasabrinaguedes@gmail.com)

### **Ana Dolores Santiago de Freitas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5808-097X>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [anadoloressantiagodefritas@gmail.com](mailto:anadoloressantiagodefritas@gmail.com)

### **Newton Pereira Stamford**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6163-4734>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [newton.stamford@ufrpe.br](mailto:newton.stamford@ufrpe.br)

### **Vinícius Santos Gomes da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3094-5884>  
Usina Caeté, Brasil  
E-mail: [vinicius.agro2008.1@gmail.com](mailto:vinicius.agro2008.1@gmail.com)

### **Resumo**

Acredita-se que a associação de bactérias fixadoras de nitrogênio minimize os efeitos adversos causados por estresses ambientais em feijão-caupi cultivado no semiárido, dessa forma, objetivou-se avaliar as respostas de diferentes genótipos de feijão-caupi inoculados com estirpes recomendadas, irrigados com diferentes lâminas de água salina. O experimento foi desenvolvido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). Utilizou-se delineamento em blocos casualizados, em parcelas subsubdivididas (4 x 2 x 3), cujos tratamentos foram diferentes lâminas de irrigação (25, 50, 75 e 100 % da evapotranspiração da cultura - ETc), associado a dois genótipos de feijão-caupi (IPA 206 (G1) e BRSTumucumaque (G2), além de dois inoculantes (BR 3262 (I1) e BR 3267 (I2) e tratamento sem inoculação. As lâminas de irrigação com sua máxima aplicação (100%), proporcionaram um maior acúmulo de fitomassa. Em relação a nodulação, a lâmina de 25% foi a mais indicada. O genótipo G1 proporcionou produtividade de 1,95 t ha<sup>-1</sup> e o G2 2,12 t ha<sup>-1</sup> médias muito superior a Nacional, que é em torno de 400 kg ha<sup>-1</sup>. A atividade da enzima Polifenoloxidase (PPO) foi aumentada com a lâmina de 100% no G2, independente do inoculante e da lâmina utilizada. A atividade da e Peroxidase (POD), foi maior com 100% de água de irrigação em relação as condições de 25%, para os dois genótipos. O genótipo G2 apresentou mais compostos fenólicos em relação ao G1, nas condições de lâmina máxima (100%), quando comparando-se o teor de compostos fenólicos, que pode ser uma resposta ao estresse hídrico e salino.

**Palavras-chave:** Compostos fenólicos; Inoculação; POD; PPO; *Vigna unguiculata*.

### Abstract

It is believed that the association of nitrogen fixing bacteria minimizes the adverse effects caused by environmental stresses in cowpea cultivated in the semiarid region, thus, the objective was to evaluate the responses of different cowpea genotypes inoculated with recommended strains, irrigated with different depths of saline water. The experiment was carried out at the Serra Talhada Academic Unit (UFRPE/UAST). A randomized block design was used, in subdivided plots (4 x 2 x 3), whose treatments were different irrigation depths (25, 50, 75 and 100 % of crop evapotranspiration - ETC), associated with two bean genotypes. cowpea (IPA 206 (G1) and BRSTumucumaque (G2), in addition to two inoculants (BR 3262 (I1) and BR 3267 (I2) and treatment without inoculation. Irrigation depths with their maximum application (100%) provided greater accumulation of phytomass. In relation to nodulation, the water depth of 25% was the most indicated. The G1 genotype provided productivity of 1.95 t ha<sup>-1</sup> and the G2 2.12 t ha<sup>-1</sup> averages much higher than Nacional, which is around 400 kg ha<sup>-1</sup>. The activity of the enzyme Polyphenoloxidase (PPO) was increased with the 100% depth in G2, regardless of the inoculant and the depth used. The activity of e Peroxidase (POD) was higher with 100% of irrigation water in relation to the conditions of 25%, for the two genotypes. The G2 genotype presented more phenolic compounds in relation to o to G1, in the conditions of maximum water depth (100%), when comparing the content of phenolic compounds, which may be a response to water and saline stress.

**Keywords:** Phenolic compounds; Inoculation; POD; PPO; *Vigna unguiculata*.

### Resumen

Se cree que la asociación de bacterias fijadoras de nitrógeno minimiza los efectos adversos causados por estreses ambientales en caupí cultivado en la región semiárida, por lo que el objetivo fue evaluar las respuestas de diferentes genotipos de caupí inoculados con las cepas recomendadas, regadas con diferentes profundidades de solución salina agua. El experimento fue realizado en la Unidad Académica Serra Talhada (UFRPE/UAST). Se utilizó un diseño de bloques al azar, en parcelas subdivididas (4 x 2 x 3), cuyos tratamientos fueron diferentes profundidades de riego (25, 50, 75 y 100 % de la evapotranspiración del cultivo - ETC), asociados a dos genotipos de frijol caupí (IPA 206 (G1) y BRSTumucumaque (G2), además de dos inoculantes (BR 3262 (I1) y BR 3267 (I2) y tratamiento sin inoculación. Las profundidades de riego con su aplicación máxima (100%) proporcionaron mayor acumulación de fitomasa. En relación con de nodulación, la lámina de agua de 25% fue la más indicada, el genotipo G1 arrojó una productividad de 1.95 t ha<sup>-1</sup> y el G2 2.12 t ha<sup>-1</sup> promedios muy superiores a Nacional que ronda los 400 kg ha<sup>-1</sup>. La enzima Polifenoloxidasasa (PPO) se incrementó con la profundidad del 100% en G2, independientemente del inoculante y la profundidad utilizada. La actividad de la e Peroxidasa (POD) fue mayor con el 100% del agua de riego en relación a las condiciones del 25%, para los dos genotipos, el genotipo G2 presentó más compuestos fenólicos en relación al o a G1, en las condiciones de máxima profundidad del agua (100%), al comparar el contenido de compuestos fenólicos, lo que puede ser una respuesta al estrés hídrico y salino.

**Palabras clave:** Compuestos fenólicos; Inoculación; POD; PPO; *Vigna unguiculata*.

## 1. Introdução

Na região nordeste do Brasil, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, é conhecido como feijão-de-corda e feijão macassar, (Mostasso et al., 2002). Essa região, possui a maior área cultivada, cerca de 1,2 milhão de hectares (Freire Filho, 2011), sendo a maior produtora dessa espécie de feijão (Santos et al., 2008). Entretanto, nessa região a precipitação pluviométrica é muito baixa, em torno de 500 mm anuais, concentrados em apenas quatro meses. Para minimizar esse problema, a irrigação vem sendo usada em algumas áreas com intuito de proporcionar condições adequadas para o aumento da produtividade agrícola, permitindo a expressão do potencial genético da cultura. Para o feijão-caupi, o potencial teórico de produtividade é de cerca de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> entretanto, a média da região, não ultrapassa 500 kg ha<sup>-1</sup>. (Freie Filho, 2011) sendo, a irrigação, uma tecnologia fundamental para a exploração agrícola (Oliveira et al., 2010; Silva et al., 2011).

Devido à baixa precipitação pluviométrica e a escassez de água de boa qualidade no período seco, quando ocorre uma ascensão de sais, devido as temperaturas elevadas se faz necessário o emprego de fontes de água alternativas disponíveis, como águas salobras e salinas, de origem subterrânea, com diferentes níveis de salinidades (Almeida, 2010; Silva et al., 2011; Oliveira et al., 2011). O feijão-caupi, é bastante cultivado nessas áreas, por adaptado as condições edafoclimáticas dessas regiões, como seca e salinidade, que são as principais causas de estresse nas plantas, que podem causar danos significativos ao desenvolvimento e a produtividade das culturas (Coelho et al. 2014).

Quando as plantas estão sob estresse, tanto hídrico quanto salino podem alterar seu metabolismo para superar tais adversidades. Em condições de estresse, o equilíbrio entre a produção e a eliminação de espécies reativas de oxigênio – EROs (superóxido de oxigênio, peróxido de hidrogênio e radicais hidroxila), pode ser perturbado, elevando os níveis de EROs nas células vegetais (Moller et al., 2007; Ahmad et al., 2014; Das et al., 2015). Em grandes quantidades o EROs pode causar danos oxidativos em proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos, caracterizando o estresse oxidativo secundário. Podendo se tornar tóxico para as plantas (Das et al., 2015). Além disso, é conhecido que o metabolismo dos fenilpropanóides, são mais uma ferramenta para identificação de estresse em plantas (Dixon e Paiva, 1995). Entretanto, existem mecanismos enzimáticos que atuam para controlar a presença dessas espécies reativas. Entre os mecanismos enzimáticos envolvidos na detoxificação das EROs, destacam-se as dismutases do superóxido (SODs), as catalases (CATs), as peroxidases do ascorbato (APXs) e as peroxidases de fenóis (POXs) (Apel & Hirt, 2004). A polifenoloxidase (PPO), que por sua vez também oxida compostos fenólicos, usando oxigênio (Sutic & Sinclair, 199). Juntamente com a peroxidase (POD) (Hajiboland, 2014). Além disso, o estresse oxidativo ocasiona a senescência dos nódulos gerando uma queda na fixação biológica de nitrogênio (FBN) devido ao aumento das reações oxidativas (Rodrigues et al., 2013).

A prática de inoculação tem sido bastante usada como forma de elevar a produtividade do feijão-caupi, baixando custos na produção e elevando a renda dos produtores. Isso se deve ao fato das bactérias fornecerem uma fonte de nitrogênio sustentável em substituição aos fertilizantes inorgânicos. No Brasil, essa prática já é bastante utilizada na cultura da soja e vem se fortalecendo na cultura do feijão-caupi (Zilli et al., 2009). Mas de acordo com a Associação Nacional dos Produtores e Importadores de inoculantes-ANPII, atualmente, o feijão-caupi vem sendo considerado como “a nova fronteira para a FBN no Brasil”.

Além disso, a inoculação de sementes de feijão-caupi com bactérias diazotróficas do gênero *Bradyrhizobium* permitem maior disponibilidade do nitrogênio para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Urquiaga & Zapata, 2000). A associação das bactérias se dá pelo processo de nodulação, havendo a conversão do nitrogênio atmosférico para a forma de amônia, promovendo a fixação biológica do nitrogênio (FBN) (Taiz & Zeiger, 2017). É conhecido na literatura que o uso de microorganismos, podem ajudar a planta a superar determinadas condições adversas. Por exemplo, o uso de rizobactéria promotora do crescimento de plantas em *Myracrodryon Urundeuva* Allemão, tornou as plântulas mais tolerantes a estresse hídrico (Oliveira et al., 2018). Assim, acredita-se que a associação de bactérias fixadoras de nitrogênio mimetize os efeitos adversos causados por estresses ambientais imposto em feijão.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi quantificar os compostos fenólicos totais e enzimas associadas ao metabolismo destes metabólitos no desenvolvimento do feijão-caupi, sob estresse, associado à inoculação com *Bradyrhizobium*, como ferramentas adicionais para identificação de respostas a estresses.

## 2. Metodologia

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), cidade de Serra Talhada – PE, 07° 59' 31" S, 38° 17' 54" W, altitude de 429 m, clima BSw'h', segundo Köppen que o enquadra como tropical seco, tendo como características marcantes os baixos valores de precipitação pluviométrica média em torno de 642 mm ano<sup>-1</sup>, com médias de temperatura variando entre 20,1 a 32,9 °C e umidade relativa do ar em torno de 63% (Andrade et al., 2010; Alvares et al., 2013). Na área experimental, o solo foi classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico Típico (Santos et al., 2013). Amostras desse solo foram coletadas para análises químicas e físicas, na profundidade de 0-20 cm, cujas características estão apresentadas na Tabela 1 (Embrapa, 1997). O preparo

convencional do solo da área experimental constou de aração e gradagem. Além disso, realizou-se capinas sempre que necessário para controlar a incidência de plantas invasoras, nocivas à cultura de interesse.

**Tabela 1** - Características químicas e físicas do solo da área do experimento, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

| Prof. | P                            | PH   | K <sup>+</sup>                   | Na <sup>+</sup> | Al <sup>3+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup>                    | H <sup>+</sup> | SB    | CTC   | V      | C           | m   | M.O. |  |
|-------|------------------------------|------|----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------------------------|----------------|-------|-------|--------|-------------|-----|------|--|
| cm    | mg.dm <sup>-3</sup>          |      | -----cmol.dm <sup>-3</sup> ----- |                 |                  |                  |                                     |                |       |       |        | -----%----- |     |      |  |
| 00-20 | 380                          | 7,1  | 0,88                             | 0,11            | 0,0              | 1,20             | 0,10                                | 1,0            | 2,29  | 3,29  | 69,60  | 0,72        | 0,0 | 1,24 |  |
| Prof. | DS                           | DP   | PT                               | AN              | GF               |                  | AT                                  | AG             | AF    | Silte | Argila |             |     |      |  |
| cm    | ----gm.cm <sup>-3</sup> ---- |      | -----%-----                      |                 |                  |                  | ---Composição granulométrica %----- |                |       |       |        |             |     |      |  |
| 00-20 | 1,61                         | 2,53 | 36,26                            | 4,32            | 59,00            |                  | 73,60                               | 44,50          | 29,10 | 15,9  | 10,5   |             |     |      |  |

SB = Soma de base – SB = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>; CTC = Capacidade de troca catiônica – CTC = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>); V = Saturação por base = (SB/CTC)\*100; C = carbono; m = Saturação por alumínio; M. O = matéria orgânica; Ds = Densidade do solo; DP = Densidade de partícula; PT = Porosidade total; AN = Areia natural; GF = Grau de flocculação; AT = Areia total; AG = Areia Grossa; AF = Areia fina. Fonte: Autores.

As lâminas de irrigação foram estimadas pela ETc, sendo obtida pela equação 1, e os dados climatológicos foram obtidos em estação agrometeorológica automática, localizada a 500 m da área experimental.

#### **Equação 1 – Formula para obtenção da evapotranspiração da cultura (ETc)**

$$ETc = ET_o \times K$$

ETc= Evapotranspiração da cultura; ETo= Evapotranspiração de referência e Kc= Coeficiente da cultura; obtido pela equação de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

A irrigação foi realizada três vezes por semana, usando sistema de gotejo, com 0,25 cm de espaçamento entre os emissores. A água utilizada possuía uma condutividade elétrica de 1,62 dS m<sup>-1</sup>, água C3, de acordo com Richards (1954); pH = 6,84; Na<sup>+</sup> = 0,08 mg L<sup>-1</sup> e K<sup>+</sup> = 0,01 mg L<sup>-1</sup>.

O plantio foi realizado manualmente a uma profundidade de 0,5 cm, colocando-se cinco sementes por cova. 15 (quinze) dias após o plantio, foi realizado um desbaste semeio deixando-se três plantas por cova. O espaçamento entre fileiras foi de 0,5 m e entre plantas de 0,25 m.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjado em parcelas subdivididas (4 x 2 x 3), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes lâminas de irrigação na parcela principal – L (L1: 28%, L2: 36%, L3: 44% e L4: 52%, frações da evapotranspiração da cultura - ETc), associado a genótipos de feijão-caupi, como subparcela (IPA 206 e BRSTumucumaque), dois inoculantes como subsubparcela (BR 3262 e BR 3267) e o controle correspondeu ao feijão sem inoculação, combinados, os fatores resultaram em 24 tratamentos.

Aos 46 dias após o plantio, no período de floração, foram avaliados os parâmetros de crescimento de 12 plantas de cada tratamento, foram medidos sua altura (Altura das plantas, AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF).

A AP foi determinada, medindo-se as plantas da superfície do solo até ponto de inserção do meristema apical. O DC foi medido a 5 cm do colo da planta. A determinação do NF foi feita por contagem simples, considerando as que estavam com o limbo foliar totalmente expandido e por fim o número de nódulos que deu-se por contagem simples.

A atividade da Polifenoloxidase (PPO), Peroxidase (POD) e compostos fenólicos foi medida, com os tratamentos de menor (28%) e maior lâmina (52%), sendo assim, os tratamentos para estas variáveis consistiram em diferentes lâminas de irrigação, L (L1-28%, L4 -52 %), frações da evapotranspiração da cultura - ETc), associado a genótipos de feijão-caupi, IPA206 (G1) e BRSTumucumaque (G2), dois inoculantes, BR 3262 (I1) e BR 3267 (I2) e o controle, sem inoculante (SI), com quatro repetições.

A extração e ensaio da atividade da PPO e POD foi realizada de acordo Simões et al. (2015), com modificação. Com o auxílio de nitrogênio líquido foi macerado 0,10 g de folhas de feijão-caupi, em 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 6,0) selado. O extrato foi centrifugado a 7.960 x g por 23 minutos a 4°C.

O ensaio da PPO foi determinado pela adição de 250 µL do sobrenadante ao meio de reação, contendo 1,450 mL de tampão de fosfato 0,01 M (pH 7,0) e 1,3 mL de catecol (0,2 M). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8) a 425 nm, a uma temperatura de 25 °C, por dois minutos, com intervalo entre leituras. A atividade da PPO foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 3,4 mM cm<sup>-1</sup> para catecol e expressa em µmol g<sup>-1</sup> MF min<sup>-1</sup>.

O ensaio da POD foi determinado pela adição de 50 µL do sobrenadante ao meio de reação contendo 1,250 mL de tampão fosfato 0,01 (pH 7,0), 100 µL de pirogalol (0,001M) e 100 µL de peróxido de hidrogênio (0,08%). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8) a 470 nm, a 30 °C, por dois minutos, com intervalo de 30 segundos entre as leituras. A atividade da peroxidase foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 2,47 mM cm<sup>-1</sup> para pirogalol, e expressa em µmol g<sup>-1</sup> MF min<sup>-1</sup>.

Os compostos fenólicos foram determinados de acordo com Reyes et al. (2007), com modificações. A extração foi realizada a partir da maceração de 0,10 g do tecido foliar em almofariz contendo 1,5 mL de metanol. Em seguida, as amostras ficaram em repouso por 20 horas no escuro a 4 °C. Após esse período, foram centrifugadas a 10.000 x g a 2 °C durante 21 minutos. O ensaio foi realizado com a utilização de 5 µL do sobrenadante, 2.400 µL de água destilada, 5 µL de Folin Cioucauteu (0,25 N). A mistura foi homogeneizada, durante 3 minutos. Foram adicionados 300 µL de carbonato de sódio (1N), posteriormente, os tubos foram mantidos no escuro em temperatura ambiente por 2 horas. O branco foi feito com 5 µL de metanol substituindo o sobrenadante. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo libra S8; Biochrom) a 725 nm e os resultados expressos em mmol de ácido gálico.Kg<sup>-1</sup> MF, quantificados com base em curva-padrão de Ácido Gálico.

No período de frutificação entre 60 e 71 DAS, a IPA 206 e BRS Tumucumaque, foram colhidas, respectivamente, e realizadas as medições em campo, com balança semianalítica, da massa fresca da parte aérea final (MFPAF), as vagens foram debulhadas para obtenção das sementes, sendo cada parte armazenada em sacos de papel, devidamente identificados e levados para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até obtenção de peso constante, e posterior determinação da massa seca. Com os grãos secos foi determinada a produtividade em (t ha<sup>-1</sup>).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro Wilk), em seguida foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão linear e polinomial quadrática e as médias foram comparadas pelo teste de tukey, utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

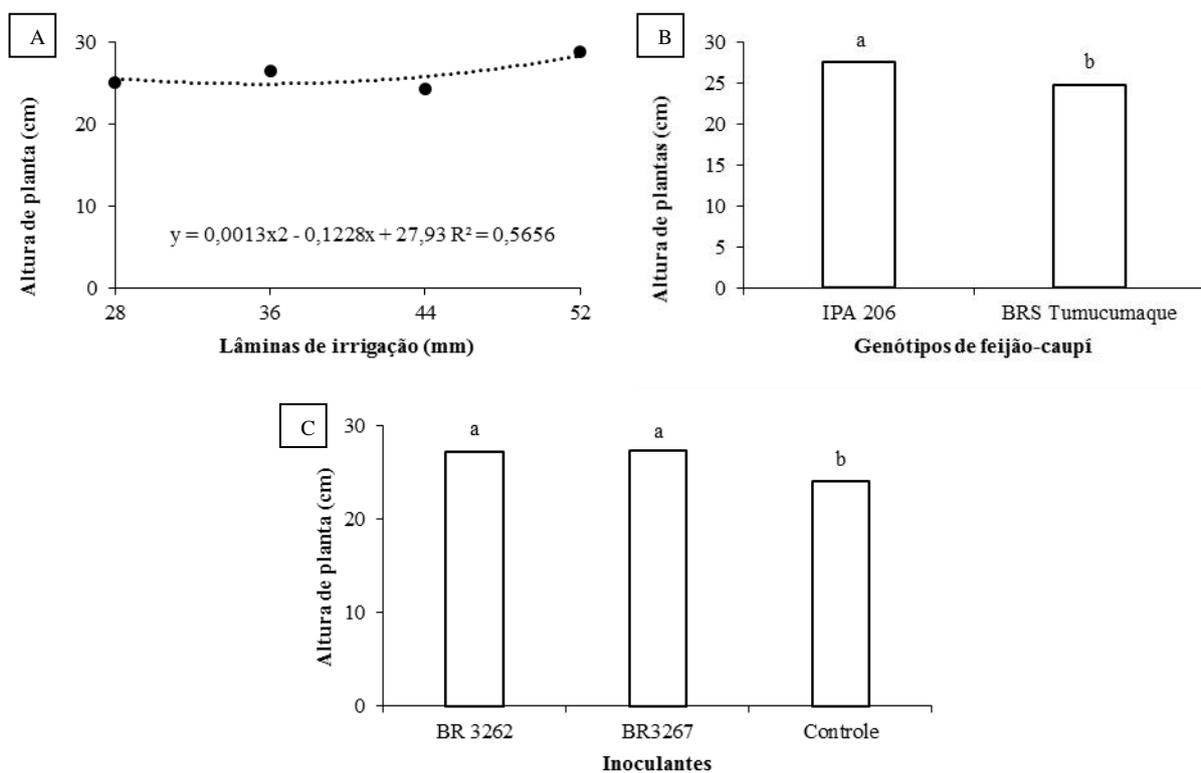
### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Parâmetros de crescimento

O modelo que melhor se ajustou aos dados para altura de plantas foi a regressão quadrática pelo aumento das lâminas de irrigação, cujo maior valor de AP, corresponde a 28,87 cm, obtido quando as plantas estavam sob irrigação da lâmina de 52% (Figura 1 A). Possivelmente, o estresse hídrico associado ao conteúdo salino presente na água de irrigação tenham

interferido no desenvolvimento do caupi, que teve sua menor altura na menor lâmina de irrigação (25,15 cm) (Figura 1 A). Embora a CE da água utilizada (1,62 dS m<sup>-1</sup>), seja considerada baixa para esta cultura, pois segundo Ayers e Westcot (1999), o feijão-caupi, possui uma tolerância moderada a irrigação com água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m<sup>-1</sup>, esses fatores somados podem ter contribuído para tal resposta. Segundo Campos et al. (2021), quando o estresse hídrico é prolongado, o crescimento e a produtividade das plantas são severamente reduzidos. Além disso, a salinidade reduz a absorção de água, causando diminuição na taxa de crescimento das plantas (Santos et al., 2020).

**Figura 1** - Altura de plantas (AP) de feijão-caupi, submetidas a lâminas de irrigação (A), Genótipo (B) e Inoculantes (C), aos 46 dias após o semeio, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.



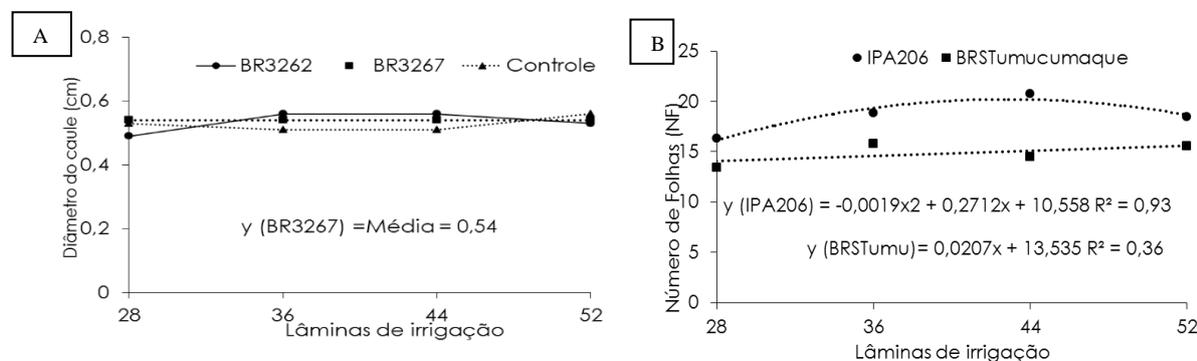
Fonte: Autores.

Ao se comparar os genótipos em relação à mesma variável, observa-se que a variedade IPA206 apresentou maior altura (27,6), diferindo estatisticamente da BRSTumucumaque (24,83) (Figura 1B). Essa resposta, provavelmente, está associada ao ciclo mais precoce da variedade IPA 206, que embora o período de floração tenha sido igual, o desenvolvimento vegetativo da BRS Tumucumaque ainda não estivesse totalmente finalizado (Freire Filho et al., 2009).

Ao avaliar o efeito do inoculante na altura de planta, os inoculantes comerciais não diferiram estatisticamente entre si, no entanto diferiram do tratamento sem inoculação (controle), que obteve a menor média (23,99 cm) (Figura 1C). Esse resultado indica que as estirpes recomendadas possuem grande capacidade de competição e adaptação. Silva et al. (2016) também observaram que a inoculação teve efeito positivo em relação ao desenvolvimento das cultivares estudadas por eles, quando comparada a ausência de inoculação, confirmando que os benefícios para o crescimento dessa leguminosa.

A aplicação no feijão-caupi do inoculante BR3262 e nas plantas não inoculadas, apresentou efeito quadrático sobre o diâmetro de caule (DC), porém a intensificação dos efeitos dependeu da lâmina de irrigação.

**Figura 2** - Diâmetro de caule de feijão-caupi em função da interação entre lâminas de irrigação e inoculantes (A), número de folhas de feijão-caupi em função da interação entre lâminas de irrigação e genótipos (B), aos 46 dias, após o semeio, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.



Fonte: Autores.

Observa-se através dos estudos de regressão, que as plantas não inoculadas resultaram em maior DC, associadas à lâmina de irrigação de 52% (0,62 cm) e para as plantas inoculadas com a estirpe BR3262 com a lâmina 41% (0,55 cm) (Figura 2A). Esta redução no DC decorre, provavelmente, da diminuição do potencial osmótico da solução do solo, o que dificulta a absorção de água pelas raízes, fazendo com que a planta reduza a abertura dos estômatos, como primeiro mecanismo (Souza et al., 2018). Nessas condições o excesso de sais no solo acarreta prejuízos a vários processos fisiológicos e bioquímicos, podendo também levar a planta a estado de déficit hídrico e a sofrer com a toxidez, fato que resultará em sérios prejuízos ao crescimento, desenvolvimento, produção e produtividade dos vegetais (Esteves & Suzuki, 2008).

Além disso, o feijão-caupi, pode ser colonizado por diferentes gêneros de bactérias, além de *Bradyrhizobium*. A simbiose também pode ocorrer nos gêneros *Rhizobium* e *Ensifer* (RUMJANEK et al., 2005; WEIR, 2008; HASSEN, et al 2014). Radlet al (2013) descobriram uma nova espécie, a *Microvirgavignae* sp. nov., dentro do gênero *Microvirga*, nodulando o feijão-caupi.

Esses microrganismos são encontrados numa ampla faixa do Nordeste brasileiro, inclusive no semiárido, mostrando a tolerância dessas estirpes que desenvolveram mecanismos de sobrevivência em condições adversas da região, podendo, desta forma, competir com estirpes inoculadas (Vieira et al., 2007). Dentre os parâmetros avaliados por Silva et al. (2016), para diâmetro do caule, observou-se que o caupi, mesmo na presença de inoculação, não diferiu dos demais tratamentos.

Segundo a equação de regressão apresentada, vê-se que o número de folhas (NF) apresentou uma resposta quadrática para o genótipo IPA206, sendo obtido o máximo de 20,15 folhas ao se irrigar as plantas com a lâmina de 43% (Figura 2B). Entretanto, para o genótipo BRSTumucumaque, nota-se comportamento linear e crescente com o aumento das lâminas de irrigação, observa-se com o acréscimo na aplicação um incremento de 0,52%, ou seja, as plantas de feijão-caupi quando submetidas a lâmina de 52% tiveram superioridade no NF de 12,68% quando comparada com as plantas que receberam a menor lâmina de irrigação. Andrade júnior et al. (2014) em condições de campo ao avaliar o número de folhas nas cultivares BRS Aracê e BRS Tumucumaque encontrou respostas semelhantes para esta variável.

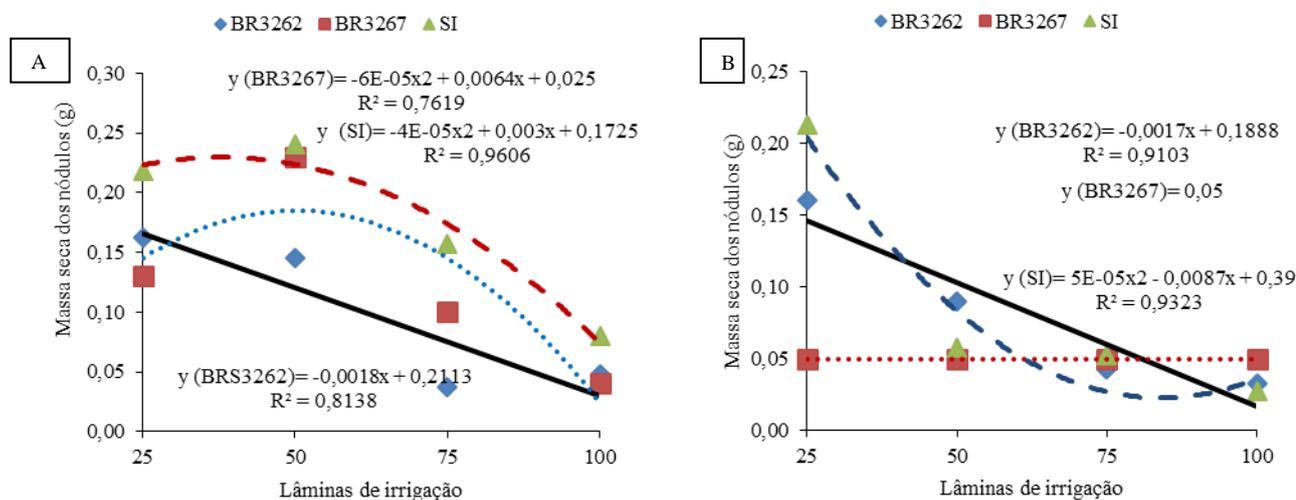
Nascimento et a. (2011) ao estudarem diversos genótipos de feijão-caupi, observaram diferenças significativas para as variáveis estudadas, e que, a redução da lâmina de irrigação levou a diminuição no potencial hídrico foliar, bem como na condutância estomática e produtividade, mostrando que o déficit hídrico pode gerar perdas no desenvolvimento do caupi. Sendo assim, os efeitos da salinidade da água de irrigação se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxidez dos íons e no desequilíbrio nutricional das plantas (Azevedo Neto & Tabosa, 2000; Ferreira et al., 2007). Assim como, o

observado nos resultados encontrados, quando há o déficit hídrico e consequentemente maior acúmulo de sais, o desenvolvimento das duas variedades foi reduzido.

Na Figura 3A, para o genótipo IPA206 em relação a MSN, o inoculante BR3262, apresentou uma correlação linear negativa, e o inoculante BR3267 apresentou um comportamento quadrático, onde a lâmina de 50% foi a que mais se destacou. O tratamento ausência de inoculante (SI) apresentou comportamento semelhante ao inoculante BR3267, no entanto com médias relativamente maiores. Em ambiente de cerrado Chagas Júnior et al. (2010) em diferentes experimentos usando variedades de feijão-caupi distintas, com diversas estirpes observaram com a cultivar Pujante para a MSN o menor valor foi encontrado para a estirpe BR 3262, estando de acordo com o resultado encontrado no presente trabalho. Para a variedade Vinagre a mesma estirpe se destacou, mesmo não diferindo das demais estirpes inoculadas. Já para cultivar Nova Era, as estirpes BR 3302, BR 3301 e BR 3262 foram superiores, quando comparadas a outras estirpes usadas.

Na Figura 3B para o BRSTumucumaque o inoculante BR3262 apresentou comportamento linear, a medida em que as lâminas de irrigação aumentaram, a massa seca dos nódulos diminuíram. O inoculante BR3267 não se adequou a nenhum dos modelos de regressão. Na ausência de inoculante essa variável teve comportamento quadrático, sendo a lâmina de 25 % a mais indicada. Para Ferreira et al. (2012) a eficiência da associação entre os rizóbios e as leguminosas depende tanto da combinação da estirpe bacteriana com a variedade cultivada, quanto das condições em que ocorre tal associação.

**Figura 3** - Massa seca dos nódulos de feijão-caupi, variedade IPA 206 (A) e variedade BRSTumucumaque (B) submetidas a lâminas de irrigação crescentes, na presença e ausência de inoculantes (I1=BR3262, I2=BR3267 e I3=Sem inoculante), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.



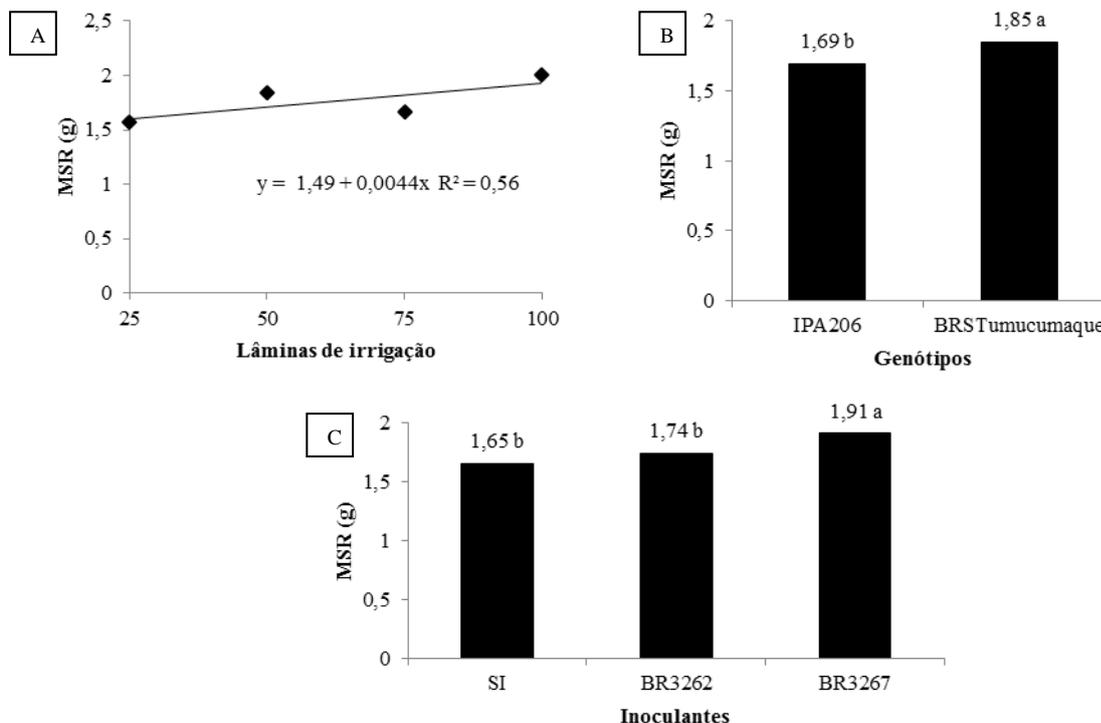
Fonte: Autores.

### 3.2 Massa seca da parte aérea

Para MSR (Figura 4A) é possível observar efeito linear, na lâmina de 100% (2g) há o maior acúmulo de massa, enquanto que para lâmina de 25 % verificou-se o menor acúmulo que foi de 1,57g. Entre os genótipos (Figura 4B) houve diferença significativa, onde a MSR da BRSTumucumaque foi maior, com 1,85 g em comparação com a IPA206 que de 1,69 g. Na Figura 4C na ausência de inoculação (1,65g) e inoculado com a estirpe BR3262 (1,74g), não foi observado diferença significativa, no entanto diferiram da estirpe BR3267 onde obteve sua maior média (1,91 g). Segundo Santos et al., (2012), a redução na produção de fitomassa é associada a grande quantidade de energia para acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e

íons no vacúolo, energia que poderia ser utilizada no acúmulo de fitomassa. Chagas Júnior et al (2014), em condições de campo observaram que na presença de inoculação as maiores médias foram obtidas.

**Figura 4** - Massa seca da raiz (MSR) de feijão-caupi submetidas a lâminas de irrigação (A) Genótipo (B) e Inoculantes (C), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.



Fonte: Autores.

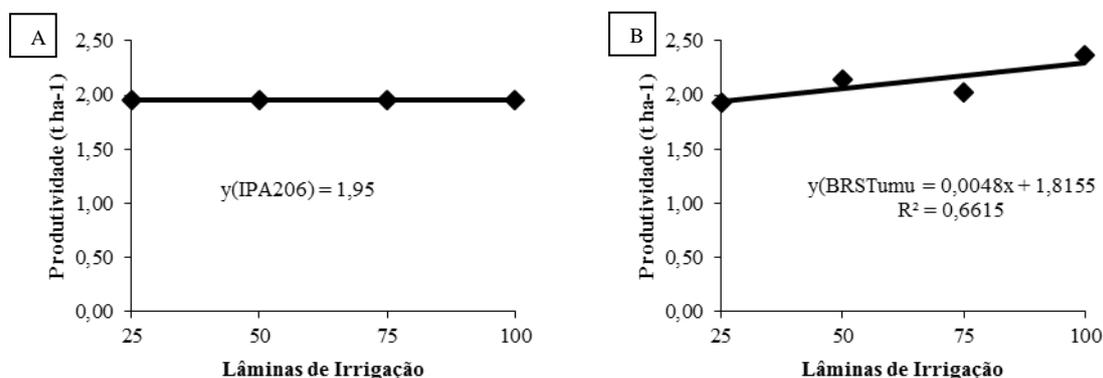
### 3.3 Produtividade

Para produtividade de grãos secos da variedade IPA206 (Figura 5A), embora seu comportamento não tenha se ajustado e nenhuma das regressões, a variedade obteve uma média de 1,95 toneladas por hectare, o que equivale a 1950 Kg ha<sup>-1</sup>, sendo esta média superior a observada por Silva et al. (2016) em sistema de cultivo irrigado, para cultivar BRS Juruá, que estiveram entre 884,37 a 1.528,13 kg ha<sup>-1</sup>. Dutra et al., (2015) ao avaliarem a produtividade em três variedades de feijão-caupi, BRS Guariba, BR17 Gurguéia e BRS Marataoã a produtividade de grãos teve um aumento linear ao aumento das lâminas de irrigação, tendo como maiores rendimentos de 1.708,5; 1.530,9 e 1.699,1 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O que mostra que a produtividade entre diferentes cultivares é bastante variada. Oliveira et al. (2002) em estudo com diversas linhagens de feijão-caupi, em Areia, na Paraíba, obtiveram para o genótipo IPA206 uma produtividade semelhante a encontrada neste trabalho, que foi de 1,8 t ha<sup>-1</sup> também de grãos secos.

Na Figura 5B a produtividade de grãos secos da variedade BRSTumucumaque, apresentou um comportamento linear em relação a aplicação das lâminas de irrigação, sendo sua maior produtividade correspondente a maior lâmina, com 2,7 t ha<sup>-1</sup>, o que equivale a 2.700Kg ha<sup>-1</sup>, sendo a média para esta cultura observada de 2,12 t ha<sup>-1</sup>. Para Locatelli et al. (2014) a disponibilidade de água é um dos fatores que deve ser considerado para uma melhor produtividade de grãos dessa cultura, desde que o manejo seja feito de forma adequada. Em trabalho realizado por Sousa et al. (2015) uma das maiores médias obtidas para produtividade também foi para a cultivar BRS Tumucumaque (3.217 kg ha<sup>-1</sup>), porém essa produtividade foi de grãos verdes. Em Serra Talhada em regime irrigado as cultivares BRS-Tumucumaque, Potengi, BRS-Guariba e BRSItaim

obtiveram a média de produtividade de 1.353,23 kg ha<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2013). Dessa forma observa-se que ambas variedades obtiveram rendimentos superiores à média Nacional que é de 350 Kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).

**Figura 5** - Produtividade de grãos secos (t há<sup>-1</sup>) de feijão-caupi, genótipo, IPA206 (A) e genótipo, BRSTumucumaque (B), submetidas a lâminas de irrigação crescentes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.



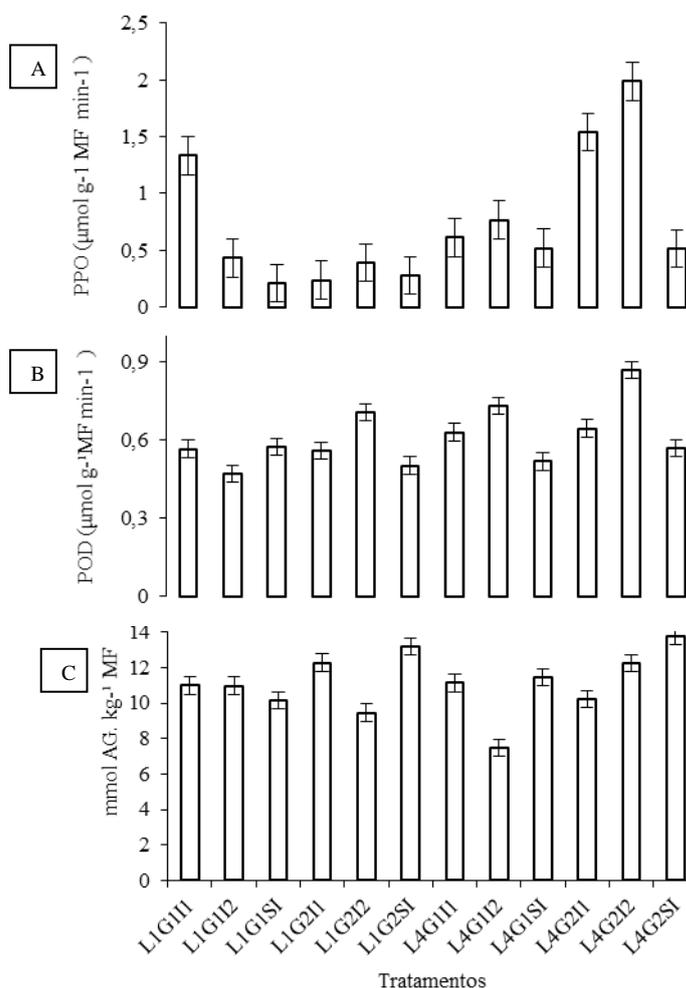
Fonte: Autores.

### 3.4 Atividade da PPO e POD e compostos fenólicos

A atividade da Polifenoloxidase (PPO) foi maior no BRSTumucumaque (G2) com 52% da lâmina de irrigação em relação as condições de 28%, independente do inóculo (Figura 6A). Além disso, o G2 com BR3267(I2) sempre manteve maior atividade, independente da lâmina de irrigação (Figura 6A). No caso do IPA206 (G1) também na maior lâmina manteve maior atividade da PPO, com exceção do G1 com inóculo 1 na menor lâmina. Esta resposta pode estar associada a mecanismos desenvolvidos pela própria planta que induzem o sistema de defesa enzimático antioxidativo, minimizando os efeitos deletérios da salinidade (Mizrahi et al., 2011; Silva et al., 2016) e provavelmente do déficit hídrico.

A atividade da Peroxidase (POD) é maior nos G1 e G2 com 52% de água de irrigação em relação às condições de 28%, com exceção do G1 sem inoculante (Figura 6B). Este efeito pode estar associado ao sistema de defesa das plantas ao estresse salino, incluindo ativação de sistema oxidativo enzimático (Carvalho et al., 2011). Além disso, o G2 inoculado pelo I2 aumentou a atividade da POD, independente da lâmina de irrigação. Segundo Kidwai et al., (2020) as peroxidases estão envolvidas nas respostas iniciais de defesa de plantas, além disso estão ligadas a diferentes mecanismos de ajustes ao estresse. Alterações na atividade de enzimas peroxidases, também ocorrem devido ao ajuste osmótico em tais condições (Debouba et al., 2006).

**Figura 6** - PPO em folhas de feijão-caupi, genótipo IPA206 (G1), genótipo BRSTumucumaque (G2), submetidas a lâminas de irrigação (L1=28% e L4= 52%), inoculadas (I1=BR3262 e I2=BR3267) e o controle, ausência de inoculante (SI) (A), POD em folhas de feijão-caupi (B), Atividade dos Compostos fenólicos em folhas de feijão-caupi (C) em mmol de AG.Kg<sup>-1</sup> (Ácido Gálico), aos 46 dias após o semeio, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.



Fonte: Autores.

Barbosa et al. (2018) avaliou a inoculação de genótipos de amendoim com a estirpe. ESA 123 e a estirpe comercial SEMIA 6144, ambas pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*, submetidos a estresses hídrico, as plantas apresentarem alterações fisiológicas, no que diz respeito às atividade de enzimas do estresse oxidativo Superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) as quais promovem redução dos danos causados pelo estresse hídrico.

Andrade et al 2020, observou que a inoculação com *Bradyrhizobium* foi eficiente para mitigar o estresse hídrico apenas nos genótipos de feijão-caupi BRS Rouxinol e BRS Aracê, oquais apresentaram maior tolerância ao estresse hídrico, quando inoculado com *Bradyrhizobium* sob condições de déficit hídrico, tendo maior oferta nutricional, o que favorece a regulação osmóticos, induz a regulação do potencial hídrico e promove melhorias no turgor celular, mesmo em condições de seca (Kaushal e Wani 2016). Além disso, o *Bradyrhizobium* pode desencadear diferentes vias metabólicas para garantir o funcionamento da planta e superar os períodos de seca.

De acordo com os resultados obtidos a BRSTumucumaque (G2) apresentou maiores teores de compostos fenólicos totais. Isso pode ser indicativo de que esta cv. Possua constitutivamente maiores teores de compostos fenólicos em relação ao

IPA206 (G1), nas condições de lâmina máxima (52%) (Figura 6C). Isso foi bem perceptível quando são inoculados pela estirpe BR3267 (I2), que nesse caso pode ser uma resposta à estirpe utilizada, proveniente de ambiente de caatinga, talvez atuando como forma de proteção (Figura 6C). Quando se restringiu a água ao IPA206, o teor de compostos fenólicos foi aumentado. Isso pode ser uma resposta ao déficit hídrico. O que não aconteceu com o BRSTumucumaque.

Os metabólitos secundários representam uma interface química entre as plantas e o ambiente, sua síntese é frequentemente afetada pelas condições ambientais (CRUZ, et al., 2012). As concentrações de metabólitos secundários aumentam significativamente em alguns vegetais, em condições de déficit hídrico (Selmar & Kleinwächter, 2013).

Dessa forma pode-se inferir que a variedade BRSTumucumaque já em sua constituição é preparada para condições adversas, enquanto que a IPA206 busca produzir compostos como estratégia de defesa em condições estressantes.

#### 4. Conclusão

A variedade IPA206 apresentou maior crescimento quando se utilizou a maior lâmina de irrigação. A variedade IPA 206 apresentou um comportamento linear em relação a aplicação das lâminas de irrigação, com produtividade em torno de 2000kg ha<sup>-1</sup>. A variedade BRSTumucumaque, também apresentou o mesmo comportamento em relação as lâminas de irrigação, mas foi a detentora da maior produtividade grãos foi obtida a maior lâmina de irrigação, 2.700 kg ha<sup>-1</sup>. A atividade da PPO foi maior na lâmina de 52% no G2 (BRSTumucumaque), independente do inoculante, para o mesmo genótipo, independente da lâmina utilizada. A atividade da POD foi maior nos G1 (IPA 206) e G2 (BRSTumucumaque) com 52% de água de irrigação. O genótipo BRSTumucumaque apresentou constitutivamente maior conteúdo de compostos fenólicos em relação ao G1, nas condições de lâmina máxima (52%), quando comparado ao IPA206.

#### Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - (UFRPE- UAST), pela oportunidade de realizar esse trabalho. Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal. A EMBRAPA Agrobiologia e ao IPA, pela disponibilidade de material para o desenvolvimento dessa pesquisa. A CAPES pela concessão da bolsa.

#### Referências

- Ahmad, P. (2014). *Oxidative Damage to Plants, Antioxidant Networks and Signaling*. Academic Press, India, Ásia, 621p.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56). 300 p.
- Almeida, O. A. (2010). *Qualidade da água de irrigação*. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura. 234 p.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Andrade Júnior, A. S., Filho, J. I., Ferreira, J. O. P., Ribeiro, V. Q. & Bastos, E. A. (2014). Cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes regimes hídricos. *Comunicata Scientiae*, 5,187-195.
- Andrade, A. P., Costa, R. G., Santos, E. M. & Silva, D. S. (2010). Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 4, 01-14.
- Apel, K. & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373-399.
- Ayers, R. S. & Westcot, D. W. (1999). *A qualidade da água na agricultura*. UFPB, 218 p.
- Azevedo Neto, A. D. & Tabosa, J. N. (2000). Estresse salino em plântulas de milho: Parte II - Distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 4, 165-171.
- Barbosa, D. D., Brito, S. L., Fernandes, P. D. & Fernandes-Júnior, P. I. (2018). Can Bradyrhizobium strains inoculation reduce water deficit effects on peanuts? *Word Journal of Microbiology and Biotechnolgy*, 34, 87.

- Campos, A. J. M., Santos, S. M., & Nacarath, I. R. F. F. (2021). Estresse hídrico em plantas: uma revisão. *Research, Society and Development*, 10(15).
- Carvalho, F. E. L., Lobo, A. K. M., Bonifacio, A., Martins, M. O., Lima Neto, M. C. & Silveira, J. A. G. (2011). Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande 15, 416–423.
- Coelho, J. B., Barros, M. F. C., Neto, E. B. & Souza, E. R. (2014). Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão-caupi cultivado em solos salinizados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande 18, 708- 713.
- Cruz, W. P., Salgado, F. H. M., Ferreira Júnior, D. F. & Fidelis, R. R. (2012). Nutrition and genetics in the occurrence of pests, natural enemies and attack leaf miner in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 3, 74-81.
- Das, P., Nutan, K., Singla-Pareek, S. & Pareek, A. (2015). Oxidative environment and redox homeostasis in plants: dissecting out significant contribution of major cellular organelles. *Frontiers in Plant Science*, 2, 1-11.
- Debouba, M., Gouia, H., Suzuki, A. & Ghorbel, M. H. (2006). NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato “*Lycopersicon esculentum*” seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 163, 1247–1258.
- Dixon, R. A. & Paiva, N. L. (1995). Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. *The Plant Cell*, 7, 1085-1097.
- Embrapa. (1997). *Manual de métodos de análises de solos*. 2ª ed., Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos, 212p.
- Esteves, B. S. & Suzuki, M. S. (2008). Efeito da salinidade sobre as plantas. *Ecologia Brasileira*, 12, 662-679.
- Ferreira, D. F. (2014). SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6, 36-41.
- Ferreira, P. A., Garcia, G. O., Neves, J. C. L., Miranda, G. V. & Santos, D. B. (2007). Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Ciência Agronômica*, 38, 7-16.
- Folin, O. & Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 73, 627– 650.
- Freire Filho, F. R. (2009). *BRS Tumucumaque: Cultivar de feijão-caupi com ampla adaptação e rica em ferro e zinco*. Teresina: EMBRAPA: Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte.
- Freire Filho, F. R. (2011). *Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios*. Terezina: EMBRAPA meio Norte, 84p.
- Hajiboland, R. (2014). Reactive oxygen species and photosynthesis. In: *Oxidative Damage to Plants, Antioxidant Networks and Signaling*. (ed.) Ahmad, P. Academic Press, Índia, Ásia, 1-63 p.
- Hemeda, H. M. & Kelin, B. P. (1990). Effects of Naturally Occurring Antioxidants on Peroxidase Activity of Vegetable Extracts. *Journal of Food Science*, Institute of Food Technologists 55, 184-185.
- Hungria, M., Campo, R. J. & Mendes, I. C. (2001). *Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja*. Londrina: Embrapa Soja, 48 p.
- Kidwai, M., Ahmad, I. Z. & Chakrabarty, D. (2020). Class III peroxidase: an indispensable enzyme for biotic/abiotic stress tolerance and a potent candidate for crop improvement. *Plant Cell Rep*, 39, 1381–1393.
- Mizrahi, Y. & Nerd, A. (1999). Climbing and columnar cacti: new arid land fruit crops. In: Janick, J. (ed.) *Perspectives on new crops and new uses*. ASHA Press, Alexandria, USA. 358-366 p.
- Mokgeleet, S. N., Dakora, F. D. & Mathews, C. (2014). Variation in N<sub>2</sub> fixation and N contribution by 25 groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties grown in different agroecologies, measured using 15N natural abundance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 195, 161-172.
- Moller, I. M., Jensen, P. E. & Hansson, A. (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants, *Annual Review of Plant Biology*, 58, 459-481.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25, 239–250.
- Nascimento, S. P., Bastos, E. A., Araújo, E. C. E., Freire Filho, F. R. & Silva, E. M. (2011). Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 853–860.
- Oliveira, D. M., Lima, A. L. A., Diniz, N. B., Santos, C. E. R. S., Silva, S. L. F. & Simões, N. A. (2018). Inoculation of plant-growth-promoting rhizobacteria in *Myracrodruon urundeuva* Allemão supports in tolerance to drought stress. *Journal of plant interactions*, 13, 91–99.
- Oliveira, F. A., Campos, M. S., Oliveira, F. R. A., Oliveira, M. K. T., Medeiros, J. F. & Melo, T. K. (2011). Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6, 37-45.
- Oliveira, F. A., Oliveira, F. R. A., Campos, M. S., Oliveira, M. K. T., Medeiros, J. F. & Silva, O. M. P. (2010). Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5, 479- 484.
- Reyes, L. F., Villarreal, J. E. & Cisneros-Zevallos, L. (2007). The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chem* 101, 1254-1262.
- Rodrigues, A. C., Bonifacio, A., Antunes, J. E. L., Silveira, J. A. G. & Figueiredo, M. V. B. (2013). Minimization of oxidative stress in cowpea nodules by the interrelationship between *Bradyrhizobium* sp. and plant growth-promoting bacteria. *Applied Soil Ecology*, 64, 245-251.

- Santos, A. S., Lopes, K. P., Rodrigues, M. H. B. S., Limão, M. A. R. & Barbosa, L. S. (2020). Potencial da técnica do osmocondicionamento de sementes como estratégia para minimizar os efeitos da salinidade. *Meio ambiente*, 2 (2), 56-61.
- Santos, C. A. F., Barros, G. A. A., Santos, I. C. C. N. & Ferraz, M. G. S. (2008). Comportamento agrônômico e qualidade culinária de feijão-caupi no Vale do São Francisco. *Horticultura Brasileira*, 26, 404-408.
- Silva, G. C., Magalhães, R. C., Sobreira, A. C., Schmitz, R. & Silva, L. C. (2016). Rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. *Revista Agro@ambiente On-line*, 10, 342-350.
- Silva, A., Brito, M. E. B., Frade, L. J. G., Nobre, R. G., Costa, F. B., Melo, A. S. & Silva, L. A. (2016). Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11, 745-758.
- Silva, A. O., Silva, D. J. R., Soares, T. M., Silva, E. F. F., Santos, A. N. & Rolim, M. M. (2011). Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6,147-155.
- Silva, E. M., Lacerda, F. H. D., Medeiros, A. S., Souza, L. P. & Pereira, F. H. F. (2016). Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em milho sob estresse salino. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 11, 01-07.
- SILVA, J. A. N., Cecon, G., Rocha, E. C. & Souza, C. M. A. (2016). Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas sementes, em cultivo solteiro e consorciado. *Revista Agrarian*, 9, 44-46.
- Simões, A. D. N., Moreira, S. I., Mosquim, P. R., Soares, N. D. F. F. & Puschmann, R. (2015). The effects of storage temperature on the quality and phenolic metabolism of whole and minimally processed kale leaves. *Acta Scientiarum*, 37, 101-107.
- Souza, L. P., Lima, G. S., Gheyi, H. R., Nobre, R. G. & Soares, L. A. A. (2018). Emergence, growth, and production of colored cotton subjected to salt stress and organic fertilization. *Revista Caatinga*, 3, 719 -729.
- Sutic, D. D. & Sinclair, J. B. (1991). *Anatomy and physiology of diseased plants*. CRC Press, Boston. 232p.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2017). *Fisiologia vegetal*. 3ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p.
- Urquiaga, S. & Zapata, F. (2000). *Manejo eficiente de la fertilizacion nitrogenada de cultivos anuales em America Latina y el Caribe*. Porto Alegre: Gênese, Embrapa Agrobiologia (CNPAB). 110p.
- Vieira, T. T. A., Rosa, L. S., Vasconcelos, P. C. S., Santos, M. M. & Modesto, R. S. (2007). Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização-florística, implantação e manejo. *Acta Amazonica*, 37, 549 – 558.
- Yang, P., Zhang, P., Li, B. & Hu, T. (2013). Effect of nodules on dehydration response in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 86, 29- 34.
- Zilli, J. É., Neto, M. L. S., Júnior, I. F., Perin, L. & Melo, A. R. (2011). Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 35, 739-742.