

**LUANA DE PÁDUA SOUZA**

**FEIJÃO-CAUPI INOCULADO COM DIFERENTES ESTIRPES DE RIZÓBIO  
IRRIGADO COM ÁGUA SALINA**

Serra Talhada-PE

2018

**S  
O  
U  
Z  
A  
  
L  
  
P  
  
F  
E  
I  
J  
Ã  
O  
-  
C  
A  
U  
P  
I  
  
I  
N  
O  
C  
U  
L  
A  
D  
O  
  
C  
O  
M  
.  
.  
.  
2  
0  
1  
8**

LUANA DE PÁDUA SOUZA

FEIJÃO-CAUPI INOCULADO COM DIFERENTES ESTIRPES DE RIZÓBIO IRRIGADO  
COM DIFERENTES COM ÁGUA SALINA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Campelo de Oliveira; Profa. Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas

Serra Talhada-PE

2018

S729t Souza, Luana de Pádua

Feijão-caupi inoculado com diferentes estirpes de rizóbio irrigado com água salina/ Luana de Pádua Souza. - Serra Talhada, 2018.  
64 f. : il.

Orientadora: Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos

Coorientadores: Alexandre Campelo de Oliveira, Ana Dolores Santiago de Freitas

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2018.

Inclui referências.

1. Feijão-caupi. 2. Estresse hídrico. 3. Lâminas de irrigação. 4. Inoculação. I. Santos, Carolina Etienne de Rosália e Silva, orient. II. Oliveira, Alexandre Campelo de, coorient. III. Freitas, Ana Dolores Santiago de, coorient. IV. Título.

CDD 631

LUANA DE PÁDUA SOUZA

FEIJÃO-CAUPI INOCULADO COM DIFERENTES ESTIRPES DE RIZÓBIO IRRIGADO  
COM ÁGUA SALINA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Banca Examinadora

---

Profa. Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos DEPA/UFRPE  
Orientadora

---

Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões UAST/UFRPE  
Examinador Interno

---

Profa. Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas DEPA/UFRPE  
Coorientadora, Examinadora Externa

A toda minha Família que esteve sempre ao meu lado incondicionalmente!!!

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a DEUS, pelo dom da vida, por me dar discernimento para me superar a cada dia.

Aos meus pais, Luiz Ferreira de Souza (*in memoriam*) e Nildete de Pádua Souza, pelo amor incondicional, carinho, confiança, apoio nos momentos em que pensei que não conseguiria, e por ensinar a não desistir.

Às minhas irmãs e irmãos, em especial a Leandro de Pádua Souza, que confesso ser minha inspiração, por sempre me ajudar e por demonstrar ser um profissional que devo tomar como exemplo.

Ao meu noivo, José Saullo da Silva Barros, pelo amor e principalmente pela paciência e apoio que tem comigo sempre.

A minha segunda família que são meus sogros e cunhados pelo incentivo.

Às professoras Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos, Ana Dolores Santiago de Freitas e ao professor Alexandre Campelo de Oliveira pela dedicação e paciência na orientação e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Grupo de Fertilidade do Solo, em nome dos colegas e amigos que estiveram comigo durante todo esse tempo, Denizard Oresca, Naiara Albuquerque, Jamiles Gonçalves, Lucas Maciel, Vitor Espindola, que permanecem na equipe e aos que não estão, mas que participaram ativamente de cada momento, Edjailson, Emanuel, Glícia Rafaela, a vocês, meus amigos, desejo todo sucesso do mundo, são seres humanos iluminados, que bom que encontrei cada um de vocês no meu caminho.

Aos colegas e também amigos Davi Tavares, Maria Aparecida (Cidinha), Samara Lopes pela amizade e apoio na realização dessa trabalho, obrigada por tudo, admiro vocês e torço pela vitória de cada um.

A minha querida Michelle Justino, que me ajudou sempre que precisei, agradeço por sua paciência, serei grata sempre.

Aos professores Adriano Simões e Thieres George, que contribuíram para realização desse trabalho e também pelos ensinamentos.

Ao Grupo de Agrometeorologia do Semiárido (GAS) que do início ao fim do experimento nos ajudou.

A minhas amigas do curso de biologia que continuam torcendo por minhas vitórias, Artemise, Elvira, Flávia, Kárita, Sara e Tatiane.

A todos os meus colegas e amigos do mestrado, que na convivência, tornaram os dias mais fáceis, Andrea, Aline, Alexandre, Alysso, Carlos André, Dani, Franquielle, George, Helena (Além de tudo, minha parceira, junto com Samara, nos grupos de trabalhos) Jorge, Neto, Laamon, Lipson, Marcondes, Orlando, Raliuson e Renilson.

Àqueles que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho e que aqui não foram citados.

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 por possibilitar a conquista do título de mestre e contribuir para o meu crescimento pessoal e profissional.

A EMBRAPA Agrobiologia e ao IPA, pela disponibilidade de material para o desenvolvimento dessa pesquisa.

A CAPES pela concessão da bolsa.

"O que revela a nossa força não é sermos imbatíveis, incansáveis, invulneráveis. É a coragem de avançarmos, ainda que com medo. A vontade de viver, mesmo que já tenhamos morrido um pouco aqui e ali, pelo caminho. É a intenção de não desistirmos de nós mesmos, por maior que, às vezes, seja a tentação. São os gestos de gentileza e ternura, que somente os fortes conseguem ter."

Ana Jácomo

## RESUMO

O feijão-caupi é uma leguminosa amplamente cultivada em todo o território brasileiro e a cada ano tem ganhando mais visibilidade. Essa cultura foi inicialmente explorada pela agricultura familiar, no entanto tem chamado o interesse de grandes produtores, que utilizando a técnica da irrigação em regiões onde a escassez hídrica é um entrave, associada à inoculação com estirpes de rizóbios tolerantes ao estresse salino e hídrico, proporcionando uma alta produção sob estas condições adversas. Diante disto, objetivou-se avaliar as respostas de diferentes genótipos de feijão-caupi inoculados com estirpes recomendadas, irrigados com água salina, em diferentes lâminas. O experimento foi desenvolvido em condições de campo na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), Serra Talhada – PE. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2 x 3, com quatro repetições em parcelas subdivididas, cujos tratamentos consistiram em diferentes lâminas de irrigação – L1, L2, L3 e L4 (28, 36, 44 e 52 %), frações da evapotranspiração da cultura - ETc), associado a genótipos (G) de feijão-caupi, como parcela subdividida: IPA 206 (G1) e BRSTumucumaque (G2) dois inoculantes (I), parcela subdividida (BR 3262 (I1) e BR 3267 (I2) ) e o tratamento sem inoculante (SI). O genótipo IPA206 apresentou plantas maiores; com mais folhas; maior massa fresca e seca na floração e frutificação e alta produtividade, independente das lâminas de irrigação usadas e das estirpes de rizóbios. O genótipo BRS Tumucumaque apresentou plantas com menores parâmetros biométricos na parte aérea em relação ao IPA206. Os parâmetros medidos relacionados à raiz e aos nódulos mostraram que na maior lâmina de irrigação houve um maior acúmulo de massa da raiz. Já para os nódulos o efeito foi inverso, na menor lâmina de irrigação, houve um maior acúmulo. Na maior lâmina houve o maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea. A atividade da PPO e POD aumentaram em plantas inoculadas, principalmente na BRS Tumucumaque, na maior lâmina de irrigação. Além disso, os compostos fenólicos na IPA 206 foram maiores na menor lâmina, podendo ajudar a conferir tolerância às condições estudadas.

**Palavras chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp.), lâminas de irrigação, inoculação, estresse hídrico.

## ABSTRACT

Cowpea is a leguminous plant widely cultivated throughout Brazil and each year has gained more visibility. This culture was initially exploited by family farms, however, it has attracted the interest of large producers, who use the technique of irrigation in regions where water scarcity is an obstacle, associated to inoculation with rhizobia strains tolerant to saline and water stress, providing high production under these adverse conditions. The objective of this study was to evaluate the responses of different genotypes of cowpea inoculated with recommended strains, irrigated with saline water, on different blades. The experiment was conducted under field conditions at the Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada Academic Unit (UFRPE / UAST), Serra Talhada - PE. The experimental design was a randomized block design in a 4 x 2 x 3 factorial scheme, with four replications in subdivided plots, whose treatments consisted of different irrigation blades – L1, L2, L3 and L4 (28, 36, 44 and 52%), crop evapotranspiration fractions- ETC, associated with genotype (G) of cowpea, as subdivided plot: IPA 206 (G1) and BRS Tumucumaque (G2), two inoculants (I), subdivide plot (BR 3262 (I1) and BR 3267 (I2)) and treatment without inoculant (SI) . The genotype IPA206 showed larger plants, with more leaves, greater fresh and dry mass in flowering and fruiting and high productivity, independent of the irrigation blades used and rhizobia strains. The BRS Tumucumaque genotype presented plants with lower biometric parameters in the shoot compared to the IPA206. The measured parameters related to root and nodules showed that in the greater irrigation blade there was a greater accumulation of root mass. For the nodules, the effect was reversed, at the lowest irrigation blade, there was a greater accumulation. In the largest blade there was the greatest accumulation of nitrogen in the shoot. The PPO and POD activity increased in inoculated plants, mainly in the BRS Tumucumaque, in the highest irrigation blade. In addition, the phenolic compounds in IPA 206 were higher on the lower leaf, and could help to confer tolerance to the studied conditions.

**Key words:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Irrigation blades, inoculation, water stress.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Comportamento das variáveis meteorológicas durante o período experimental da cultura do feijão-caupi, Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.....	25
Figura 2:	Croqui da área experimental, disposição dos tratamentos em campo, Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.....	26
Figura 3:	Croqui da área experimental, área coletada na floração, Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.....	28
Figura 4:	Altura de plantas de feijão-caupi submetidas a lâminas de irrigação (A) Genótipo (B) e Inoculantes (C), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.....	32
Figura 5:	Diâmetro de caule de feijão-caupi em função da interação entre lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.....	34
Figura 6:	Número de folhas de feijão-caupi em função da interação entre lâminas de irrigação e genótipos, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.....	35
Figura 7:	Massa fresca na floração da parte aérea (MFFPA) de feijão-caupi em função da interação entre os fatores lâminas de irrigação e genótipo (A) e interação entre os fatores lâminas de irrigação e inoculantes (B), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.....	37
Figura 8:	Massa seca na floração da parte aérea (MSFPA) de feijão-caupi em função da interação entre os fatores interação lâminas de irrigação e genótipos, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.....	38
Figura 9:	Nitrogênio total acumulado na parte aérea (Ntotal) de feijão-caupi submetidas a lâminas de irrigação crescentes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.....	39
Figura 10:	Massa fresca da raiz de feijão-caupi, submetidas a lâminas de irrigação crescentes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.....	40
Figura 11:	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.....	41
Figura 12:	Massa fresca dos nódulos (MFN) de feijão-caupi submetidas a lâminas de	

	irrigação (A) Genótipo (B) e Inoculantes (C), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.....	43
Figura 13:	Massa seca dos nódulos (MSN) 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.....	45
Figura 14:	Produtividade de grãos secos ( $t\ há^{-1}$ ) de feijão-caupi, submetidos a lâminas de irrigação crescentes, Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.....	47
Figura 15:	Atividade da 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 na ausência de inoculante (SI), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.....	48
Figura 16:	Atividade da POD em folhas de feijão-caupi, variedade, IPA206 (G1), variedade BRSTumucumaque (G2), submetidas a lâminas de irrigação (L1=28% e L4= 52%), inoculadas (I1=BR3262 e I2=BR3267) e na ausência de inoculante (SI).....	49
Figura 17:	Atividade dos Compostos fenólicos 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 na ausência de inoculante (SI), Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características químicas e físicas do solo da área do experimento, Serra-Talhada-PE,UFRPE/UAST,2017.....	26
Tabela 2	Resumo da análise da variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) aos 46 dias após o semeio (DAS) de genótipos de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.....	31
Tabela 3	Resumo da análise da variância para massa fresca na floração da parte aérea (MFFPA), e seca na floração da parte aérea (MSFPA), nitrogênio total da parte aérea (Ntotal), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) aos 46 dias após o semeio (DAS) de genótipos de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017....	36
Tabela 4	Resumo da análise da variância para número de nódulos (NN), massa fresca de nódulos (MFN) e massa seca de nódulos (MSN) aos 46 dias após o semeio (DAS) de genótipos de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.....	42
Tabela 5	Resumo da análise da variância para massa fresca da parte aérea final (MFPAF), massa seca da parte aérea final (MSPAF), massa seca total da vagem (MSTV) e massa seca dos grãos (MSG) e produtividade (Prod t ha <sup>-1</sup> ) entre 60 (IPA206) e 71(BRSTumucumaque) dias após o semeio (DAS) de genótipos de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.....	46
Tabela 6	Massa fresca total da parte aérea final (MFPAF) e Massa seca total da parte aérea final (MSPAF) de feijão-caupi, avaliando os genótipos IPA206 e BRSTumucumaque, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.....	47

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1 DESCRICÃO BOTÂNICA DO FEIJÃO-CAUPI, ASPECTOS CULTURAIS E SOCIOECONÔMICOS.....	18
2.2 IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E DÉFICIT HÍDRICO .....	19
2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E A INOCULAÇÃO.....	21
2.4 COMPOSTOS FENÓLICOS, ENZIMAS POLIFENOLOXIDASE (PPO) E PEROXIDASE (POD).....	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO E MANEJO .....	25
3.2 AVALIAÇÕES NO PERÍODO DE FLORAÇÃO.....	27
3.2.1 Avaliações Biométricas .....	27
3.2.2 Extração e Ensaio da Atividade da Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD) .....	29
3.2.3 Compostos fenólicos.....	29
3.3 AVALIAÇÕES NO PERÍODO DE FRUTIFICAÇÃO .....	30
3.3.1 Fitomassa Final.....	30
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO.....	31
4.2 FITOMASSA E ACÚMULO DO NITROGÊNIO TOTAL .....	35
4.3 NODULAÇÃO.....	42
4.4 FITOMASSA FINAL E PRODUTIVIDADE.....	46
4.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA .....	48
5 CONCLUSÕES .....	51
REFERÊNCIAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa, comumente chamada de feijão-de-corda ou feijão-macassar, é uma fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, além de ter grande quantidade de fibras e baixa quantidade de gordura, tendo como origem o continente africano (MOSTASSO et al. 2002). No Brasil, historicamente, a produção de feijão-caupi concentra-se nas regiões Nordeste (1,2 milhão de hectares) e Norte (55,8 mil hectares) do país, na região Centro-Oeste, essa cultura também vem se destacando (FREIRE FILHO et al., 2011, BEZERRA; NETO; NEVES, 2012).

No entanto, é nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, onde se concentra a maior produção de feijão-caupi, onde os recursos hídricos são extremamente escassos e mal distribuídos tanto a nível espacial quanto temporal além de apresentar precipitações irregulares. A irrigação vem sendo usada com intuito de proporcionar condições ideais para que as culturas possam expressar o seu potencial genético de produtividade, sendo uma tecnologia fundamental para a exploração agrícola (OLIVEIRA et al., 2010; SILVA et al., 2011). Devido a escassez hídrica, se faz necessário o emprego de fontes de água alternativas, disponíveis em cada local, como por exemplo, as águas residuárias de procedência urbana e as águas salobras e salinas, de origem subterrâneas, com diferentes níveis de salinidades (ALMEIDA, 2010; SILVA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011). A utilização de águas salinas tem sido um problema, visto que promove o acúmulo de sais na zona radicular e reduz a produtividade da maioria das culturas, que por sua vez respondem de forma diferente as condições de salinidade (MEDEIROS et al., 2012), o feijão-caupi segundo Ayers e Westcot (1999) possui uma tolerância moderada a irrigação com água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m<sup>-1</sup>.

As plantas 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 (DAS et al., 2015; AHMAD et al., 2014; MOLLER et al., 2007). 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). Entretanto existem mecanismos enzimáticos que atuam para controlar a presença dessas espécies reativas.

Os benefícios da inoculação de sementes de feijão-caupi com bactérias diazotróficas do gênero *Bradyrhizobium* destacam-se, pois permitem maior disponibilidade do nitrogênio para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o maior aporte deste macronutriente, se dá pelo efeito da associação simbiótica entre o microrganismo e a planta, além do efeito residual dos restos culturais solo, contribuindo para a elevação dos teores de matéria orgânica que favorecerão o solo e a cultura em sucessão (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 e ZEIGER, 2013).

Tendo em vista tais questões abordadas se faz necessário averiguar qual a real função biológica dos mecanismos secundários enzimáticos e não enzimáticos. E em busca de alternativas que visem a redução dos efeitos dos estresses causados pela utilização da água salina, bem como pelo estresse hídrico. A utilização da inoculação com estirpes de rizóbios eficientes em fixar nitrogênio, pode contribuir para amenizar tais efeitos. Sendo assim, esse trabalho teve por objetivo avaliar as respostas de diferentes genótipos de feijão-caupi inoculados com estirpes recomendadas, irrigados com água salina, em diferentes lâminas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 DESCRIÇÃO BOTÂNICA DO FEIJÃO-CAUPI, ASPECTOS CULTURAIS E SOCIOECONÔMICOS

O feijão-caupi é uma dicotiledônea, pertence à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolina gênero *Vigna* e a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp sendo assim aceita mundialmente (SELLSCHOP, 1962). Esse gênero está amplamente distribuído nas regiões tropicais, e a maioria das espécies se encontra no continente africano, tendo 66 espécies endêmicas, sendo *Vigna unguiculata* (L.) Walp, uma delas (FREIRE FILHO, 1988).

Apresenta germinação epígea, com seus cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal. De acordo com Araújo, et. al (1984), o sistema radicular do feijão-caupi é formado por uma raiz principal pivotante, com ramificações laterais. Em suas raízes pode haver formação de nódulos que auxiliam na absorção de nitrogênio através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada por microrganismos conhecidos genericamente, como rizóbios (CHAGAS JUNIOR et al., 2009). Possui a presença de flores, localizadas na axila da folha, com pedúnculos variando de acordo com as cultivares. Suas sementes tem forma e tamanhos que variam de acordo com a cultivar (MAFRA, 1979).

O feijão-caupi pode ser cultivado em qualquer tipo de solo, apresentando melhores resultados associados à matéria orgânica, em temperaturas entre 18 e 30°C apresenta um bom desempenho (CÂMARA, FREIRE FILHO, 2001). Em relação à pluviosidade, o mesmo autor descreve que a cultura possui bom desenvolvimento em regiões de precipitação média de 250 a 500 mm anuais.

O Nordeste brasileiro é a maior produtor de feijão-caupi, sendo um dos principais componentes da dieta alimentar, além de ser um importante gerador de emprego e renda (SANTOS et al., 2008). Em outras regiões como Norte e Centro-Oeste essa cultura vem se difundindo, pois encontra condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. No Norte é cultivado como fonte de alimento e renda na agricultura familiar. Desde de 2006 no Centro-Oeste, é cultivado em larga escala por grandes produtores, que utilizam técnicas e máquinas modernas. Deixando de ser uma atividade exclusiva de subsistência para se tornar um potencial agrícola (BARBOSA et al., 2010; FREIRE FILHO, 2011).

Ainda apresenta custo muito competitivo em relação a outras culturas, fator que tem feito aumentar o interesse dos produtores pela espécie. Tendo uma produção de alta

qualidade, o que facilita a aceitação dessa cultura no mercado. Com essa maior visibilidade que o feijão-caupi tem alcançado dentro do país, tem sido inserido também no mercado externo e isso leva uma maior exigência no cultivo, com práticas que padronizem melhor o produto (FREIRE FILHO et al., 2011).

## 2.2 IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E DÉFICIT HÍDRICO

O conceito de qualidade da água refere-se às suas características, principalmente sua relação no que diz respeito às necessidades do usuário. Define-se por suas características físicas, químicas ou biológicas. Toda água usada na irrigação contém sais dissolvidos. O efeito destes sais sobre as características químicas e físicas de solos irrigados é de grande importância para manutenção da sua capacidade produtiva (SILVA et al., 2011). A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água (FIGUEIREDO et al., 2009).

Em regiões áridas e semiáridas, a concentração salina nas águas pode atingir valores elevados, prejudicando o solo e as plantas. Atualmente, vastas áreas vêm sendo afetadas pela salinidade como resultado de ações antrópicas, tais como irrigações sem previsão de drenagem, lâmina insuficiente de irrigação, uso de água salina, ou mesmo a combinação destes fatores (FERREIRA et al., 2010). De acordo Ghunmi et al. (2009) tais afirmações demonstram a importância do seu monitoramento para a irrigação e ressalta que a utilização de água de má qualidade para a agricultura representa uma ameaça para a sustentabilidade e para a saúde pública. No entanto, para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (BERNARDO et al., 2006).

No Nordeste brasileiro, as águas utilizadas na irrigação apresentam, na maioria das vezes, concentração de sais na faixa de 1 a 30 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> correspondendo à faixa de condutividade elétrica de 0,1 a 3,0 dS m<sup>-1</sup> (HOLANDA; AMORIM, 1997). A região semiárida é caracterizada por apresentar insuficiência hídrica e irregularidade de distribuição das chuvas e, desta forma o sistema de produção necessariamente depende da irrigação. A água apresenta em grande parte alto teor de sais, como nos açudes de pequeno e médio porte (superficiais) e poços (água subterrâneas) (MEDEIROS et al., 2003).

A viabilidade do uso da irrigação tem sido estudada por diversos pesquisadores, sendo encontrados resultados demonstrando que a prática da irrigação garante a viabilidade

econômica do cultivo de feijão-caupi (NASCIMENTO et al., 2015, BRAZ-TANGERINO et al., 2014; MOUSINHO et al., 2008). Embora a cultura de feijão-caupi seja considerada tolerante à estresses abióticos como o hídrico, térmico e salino (TAGLIAFERRE et al., 2013). Os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre as plantas se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxicidade dos íons e no desequilíbrio nutricional das plantas (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000; FERREIRA et al., 2007).

Vale ressaltar que algumas características devem ser observadas ao se escolher determinada cultivar, como o desempenho agrônômico nas condições edafoclimáticas das regiões para onde serão cultivadas e quais as épocas mais indicadas para semeadura, pois cada uma pode responder de formas diversas a tais condições. Outros fatores como produtividade, resistência a doenças, também devem ser considerados, inclusive para programas de melhoramento (SANTOS et al., 2009; ROCHA et al., 2006; NEVES et al. 2011).

Para Freire Filho et al. (2005; 2011), a produtividade do feijão-caupi tem aumentado, ultrapassando 1000 Kg ha<sup>-1</sup> na região centro-oeste e para os autores tal aumento se deve ao uso de cultivares melhoradas, resistentes, aliado a utilização de tecnologias, que reforçam o potencial da cultura.

A irrigação apresenta-se como um dos principais meios que pode ser adotado para superar os efeitos da escassez hídrica, atribuindo uma atenção especial ao seu manejo, determinando de forma precisa as necessidades hídricas das culturas sem déficit, nem excesso (MAROUELLI et al., 1988). As respostas das plantas às condições de estresse por deficiência hídrica variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição, fatores edáficos, entre outros. Ou seja, não existe uma única variável fisiológica que, por si só, seja indicativa de tolerância à seca (NASCIMENTO et al., 2011).

Stone e Moreira (2001) relataram que os efeitos de déficits hídricos ocorridos na fase vegetativa do feijão-caupi provocaram menores reduções nos componentes de crescimento; porém, na fase reprodutiva, ou seja, na pré-floração e no enchimento de grãos, seus efeitos foram mais acentuados.

Para Bezerra et al. (2003) para o manejo de irrigação de forma adequada, deve-se levar em consideração a lâmina de irrigação que venha a suprir a necessidade hídrica de cada cultura, evitando que a cultura sofra estresse, que pode vir a afetar características das plantas, causando perda na produção.

Blanco et al., (2011) ao avaliarem diferentes lâminas de irrigação para a produção de grãos verdes de feijão-caupi em consórcio com o milho em Teresina, PI. Observou-se que o

comportamento da cultura foi linear à irrigação e que a sua máxima produtividade foi obtida com lâmina de 640 mm (BLANCO et al., 2011). Sendo assim a prática da irrigação, muitas vezes, torna-se a única ou a principal ferramenta capaz de garantir uma produção agrícola segura, principalmente nas condições climáticas do Nordeste brasileiro (GHEYI et al., 2010).

### 2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E A INOCULAÇÃO

O nitrogênio (N) é o elemento, em geral, que as plantas necessitam em maiores quantidades. Contudo, é ainda o elemento que apresenta maiores dificuldades de manejo na produção agrícola (MACHADO, 2002). É constituinte de muitos componentes da célula vegetal, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é um processo que disponibiliza grande quantidade de nitrogênio para os agroecossistemas, principalmente através da associação das leguminosas e bactérias diazotróficas simbióticas, conhecidas genericamente como rizóbios (MOREIRA et al., 2010). Os microrganismos diazotróficos são encontrados em vários ambientes, podem ser de vida livre, associativos ou em simbiose com outros seres vivos. Possuem um papel importante, pois convertem o nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), não assimilável pelas plantas, em amônia ( $NH_4^+$ ), forma assimilável (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Dessa forma as bactérias fixam o nitrogênio da atmosfera e em troca recebem da planta os fotoassimilados, promovendo essa relação simbiótica. Estas bactérias apresentam uma grande diversidade fenotípica e taxonômica em vários grupos distribuídos pelo mundo (FERNANDES JÚNIOR et al., 2012).

A associação dessas bactérias formam os nódulos nas leguminosas, os rizóbios do solo são atraídos por sinais químicos liberados pelas leguminosas, ativando o gene da nodulação da bactéria que vive no solo. Após todo o processo há a formação dos nódulos. Os nódulos são estruturas especializadas em sintetizar a nitrogenase (VARGAS; HUNGRIA, 1997; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SILVA et al., 2011).

Em regiões áridas e semiáridas, as leguminosas fixadoras frequentemente obtêm mais que a metade de seu N por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (FARIAS et al., 2016; SOUZA et al., 2012; ANDREWS et al., 2011; FREITAS et al., 2010).  
Gerando

sustentabilidade para o ambiente uma vez que pode substituir parcial ou totalmente o uso de adubos nitrogenados (BARROS et al., 2013; SANTOS et al., 2008). Como a FBN, em agricultura familiar, ou praticada por pequenos agricultores, depende da simbiose

com bactérias nativas, é importante identificar práticas de manejo que a potencialize (FREITAS et al., 2011).

Alguns fatores podem limitar a fixação de nitrogênio como é o caso do déficit hídrico, que reduz a simbiose, bem como a salinidade, que por sua vez afeta diretamente esse processo, diminuindo a colonização das bactérias fixadoras, nas raízes das leguminosas (SULIEMAN; LAM-SON, 2015; VENTORINO et al., 2012).

Outra forma das leguminosas realizarem FBN é por meio da inoculação das sementes com estirpes, recomendadas para a cultura e reconhecidamente eficientes em fixar nitrogênio. Essa prática 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; RUMJANEK et al., 2005; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; SANTOS et al., 2017).

Inoculantes consistem de insumos formulados com culturas microbianas adicionadas a substratos que vão desde orgânicos, como a turfa, a outros de composição mineral, mas que sejam capazes de manter a sobrevivência dos microrganismos e ao mesmo tempo proporcionar benéficos para as plantas (TEMPRANO et al., 2002).

O uso de inoculantes é recomendado quando não existe nos solos, onde se pretende cultivar o feijão-caupi, rizóbios competitivos e eficientes em fixar nitrogênio, adaptados às condições edafoclimáticas locais, ou ainda quando o número desses rizóbios é muito baixo (Chagas Júnior et al., 2010). Por isso se faz necessário o uso de estirpes selecionadas quanto à eficiência, competitividade e adaptação as condições a quais serão impostas (KYEI-BOAHEN et al., 2002; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Boddey et al. (2013) apresentaram resultados preliminares de trabalho desenvolvido entre a África e o Brasil, no qual na África foi usada uma cultivar local “Padi Tuya” e três estirpes de rizóbio isoladas de solos brasileiros: BR 3262; BR 3267; BR 3299. Onde puderam observar que a inoculação com as estirpes brasileiras aumentou os rendimentos de grãos de feijão em 78 e 212%, atingindo rendimentos acima de 2.000 kg grão ha<sup>-1</sup>. Desta forma, nota-se que a inoculação de leguminosas com estirpes de rizóbios eficientes em fixar o nitrogênio atmosférico pode promover incrementos significativos na produtividade vegetal (BUCHI et al., 2015).

## PEROXIDASE (POD)

Os sistemas antioxidantes podem ser divididos em duas classes: os que possuem atividade enzimática e a dos que não possuem essa atividade. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda classe, estão moléculas que interagem com os radicais e são consumidas durante a reação. Nesta classificação, incluem-se os antioxidantes naturais e sintéticos como os compostos fenólicos (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004), que apesar de não apresentarem importância nutricional direta, têm recebido muita atenção devido a sua atividade biológica.

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004). Apresentam em sua estrutura um anel aromático substituído por um ou mais grupamentos hidroxilas (CARVALHO; GOSMANN; SCHENKEL, 2007).

As plantas são organismos aeróbicos obrigatórios, e precisam de oxigênio para a produção de energia. Assim, como resultado natural da fotossíntese e da respiração, as plantas constantemente produzem Espécies Reativas de Oxigênio – EROs. Que por sua vez são produzidas nas partes verdes das plantas, na presença de luz (cloroplastos, mitocôndrias, peroxissomos e na membrana plasmática) (MOLLER; JENSEN; HANSSON, 2007).

Em respostas aos estresses a que são submetidas, as plantas desencadeiam vários processos degenerativos em nível celular, incluindo o estresse oxidativo iniciando a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células vegetais, especialmente o ânion superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), o radical hidroxil ( $OH^{\bullet}$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (MAIA et al., 2012). Em excesso, podem danificar a estabilidade da membrana, afetando o metabolismo celular das plantas sob estresse hídrico, podendo levar a morte celular (BARBOSA et al., 2014; LISAR et al., 2012; BECANA et al., 2010). Por sua vez, plantas amenizam os efeitos das EROs, através de um sistema de proteção que visa a desintoxicação de espécies reativas de oxigênio (EROS), composto por enzimas que protegem as células denominadas de enzimas antioxidantes, tais como catalase, peroxidases e superóxido dismutase (MUNNÉ-BOSCH et al., 2013; DINAKAR et al., 2012; LISAR et al., 2012).

A quantidade de EROs e a atividade de enzimas antioxidantes tem sido associada ao processo de sinalização e defesa contra o estresse hídrico nas plantas, sendo assim um mecanismo regulador de mudanças fisiológicas na planta em detrimento da redução do

potencial hídrico celular (BARBOSA et al., 2014).

Dentre as enzimas que atuam na defesa antioxidante destacam-se as peroxidases (POs) que representam um conjunto de mais de 20 isoenzimas capazes de catalisar a oxidação de vários substratos como, por exemplo, os compostos fenólicos, na presença de peróxido de hidrogênio. Os produtos gerados pela ação das POs estão envolvidos na formação da parede celular vegetal (KOLATTUKUDY et al., 1992). Estando também envolvida na geração de  $H_2O_2$ , que por sua vez pode gerar outras espécies ativas de oxigênio, além de apresentar, atividade antimicrobiana (PENG; KUC, 1992).

Outra enzima importante para a defesa de plantas, também envolvida em reações de oxidação é a polifenoloxidase (PPO), que por sua vez também oxida compostos fenólicos, usando oxigênio (SUTIC; SINCLAIR, 1991). Juntamente com a peroxidase (POD) (HAJIBOLAND, 2014). Essa enzima é ativada rapidamente por vários fatores de estresse, devido ampla distribuição celular e isoformas, assim apresenta alta eficiência no metabolismo de  $H_2O_2$  (HAJIBOLAND, 2014).

O feijão-caupi assim como outras leguminosas, apresentam substâncias polifenólicas em sua composição. Alguns autores atribuem características antinutricionais à presença de polifenóis, embora outros autores destaquem a atividade antioxidante decorrente da presença deste tipo de substância (ASSIS, NAHAS, 1999; HASSIMOTTO, 2005; GONÇALVES, 2008).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO E MANEJO

O experimento foi conduzido em condições de campo na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), no município de Serra Talhada – PE, 07° 59' 31" S, 38° 17' 54" W, altitude de 429 m, clima BSw<sup>h</sup>, 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% (ALVARES et al., 2013; ANDRADE et al., 2010) (Figura 01).

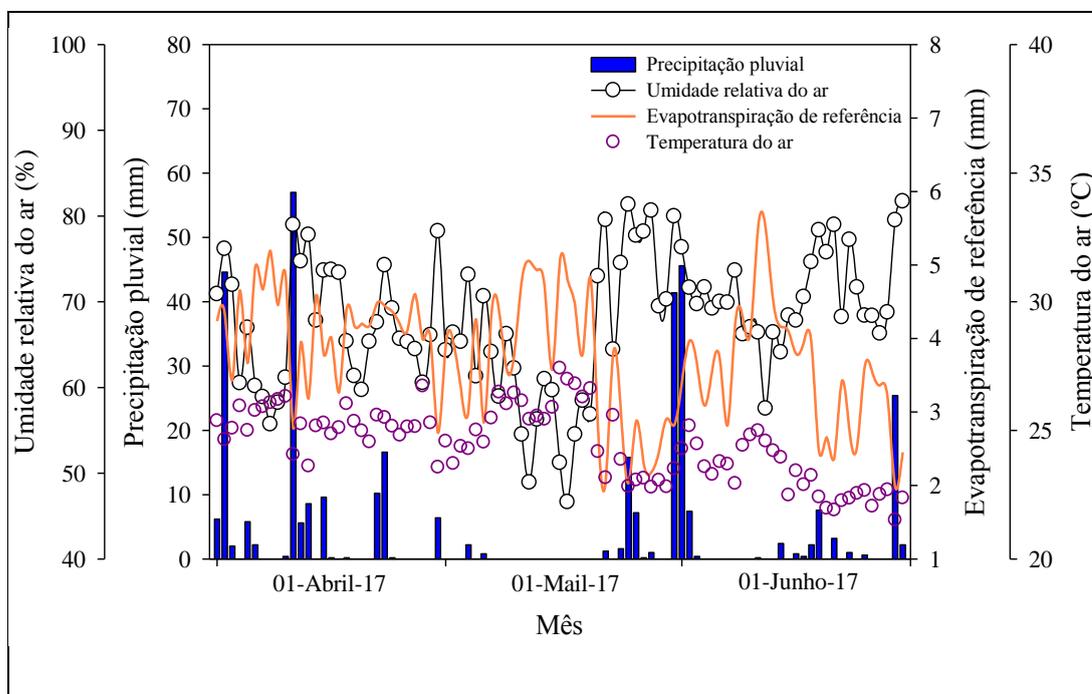


Figura 1: Comportamento das variáveis meteorológicas durante o período experimental da cultura do feijão-caupi, Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.

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 (CLAESSEM, 1997). O preparo convencional do solo da área experimental constou de aração e gradagem.

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

Prof (cm)	P mgdm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup> pH	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	
			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								-----%-----			
00-20	380	7.1	0.88	0.11	0.0	1.20	0.10	1.0	2.29	3.3	69.6	0.72	0.0	1.24
Prof (cm)	DS	DP	PT	AN	GF	AT	AG	AF	Silte				Argila	
	--- g cm <sup>-3</sup> ---		----- % -----			----- Composição Granulométrica % -----								
00-20	1.61	2.53	36.26	4.32	59.00	73.6	44.50	29.10	15.9		10.5			

SB = Soma de base – SB =  $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$ ; 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 floculação; AT = Areia total; AG = Areia Grossa; AF = Areia fina.

No croqui da área experimental (Figura 2) demonstra-se o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2 x 3, com quatro repetições em parcelas subsubdivididas.

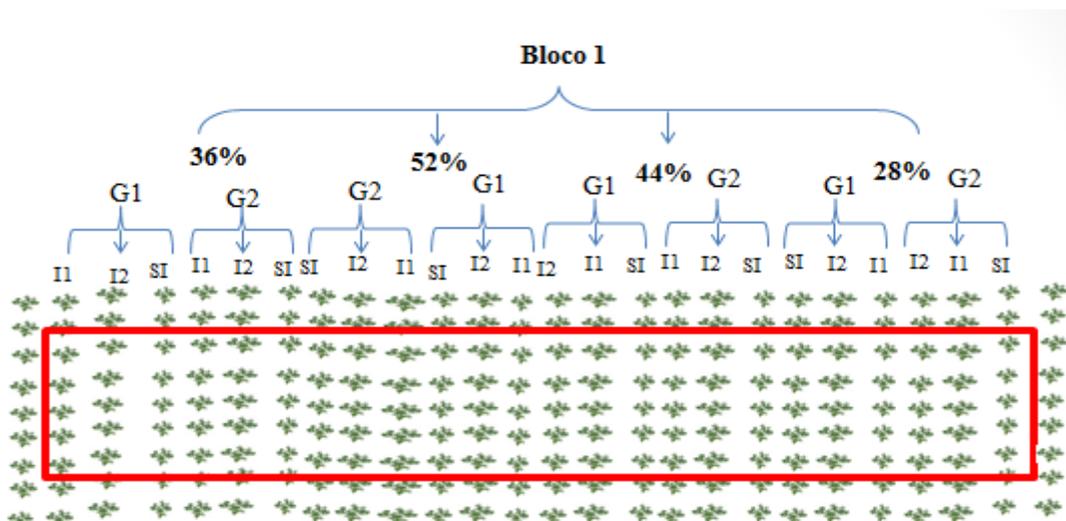


Figura 2: Croqui da área experimental, disposição dos tratamentos em campo, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017. Legenda: G1=genótipo 1(IPA 206);G2=genótipo (BRSTumucumaque); I1= inoculante 1- BR3262; I2=inoculante 2-BR3267; SI=sem inoculante.

As lâminas de irrigação foram estimadas pela ET<sub>c</sub>, sendo obtida pela equação 1: Eq; 1: ET<sub>c</sub>= ETO x K<sub>c</sub>. Onde a ET<sub>c</sub>= Evapotranspiração da cultura; ETO= Evapotranspiração de referência e K<sub>c</sub>= Coeficiente da cultura; obtido pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Os tratamentos consistiram em quatro lâminas de irrigação, que corresponderam a 28%, 36%, 44% e 52% da evapotranspiração da cultura. Os genótipos de feijão-caupi testados

foram as variedades BRSTumucumaque e IPA206 Os inoculantes foram preparados com culturas monoxênicas das estirpes BR3262 e BR3267, além do tratamento controle, sem inoculação. A estirpe BR3267 foi isolada em áreas de cerrado e a estirpe BR3267 de áreas de caatinga, ambas apresentam crescimento lento, coloração branca e são *Bradyrizobium* sp (XAVIER et al., 2017). No processo de inoculação utilizou-se 50 gramas de cada inoculante junto à turfa, adicionando uma solução açucarada para melhor adesão a parede dos grãos.

Os genótipos de feijão-caupi, o IPA206 apresenta ciclo em torno de 60-70 dias e semente de coloração marrom claro, enquanto que o BRSTumucumaque apresenta crescimento em torno dos 70 dias, suas sementes são claras e ambos apresentam porte semiereto, apresentando boa adaptação a região nordeste do Brasil (FREIRE FILHO et al., 2009, 1997).

Os dados climatológicos foram obtidos em estação agrometeorológica automática a 500 m da área experimental. A irrigação foi realizada três vezes por semana, usando sistema de gotejo, com 0,25 cm de espaçamento entre os emissores. A água utilizada tinha 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 experimento foi instalado no mês de abril, antes da semeadura, as sementes dos distintos genótipos de feijão-caupi foram desinfestadas com álcool etílico a 70% por 2 mim e hipoclorito de sódio a 2% por 5 mim e em seguida, inoculadas usando a turfa como veículo. O semeio foi realizado manualmente a uma profundidade de 0,5 cm, colocando-se cinco sementes por cova. Foi realizado um desbaste quinze dias após o semeio (DAS), deixando três plantas por cova, as mais vigorosas. Adotou-se o espaçamento entre fileiras de 0,5 m e entre plantas de 0,25m. Cada parcela foi composta por 1,60 m de comprimento e 3 m de largura. Foi adicionado uma fileira nas laterais de cada bloco, para efeito bordadura, no entanto o mesmo não fez parte do experimento.

## 3.2 AVALIAÇÕES NO PERÍODO DE FLORAÇÃO

### 3.2.1 Avaliações Biométricas

Para tais avaliações utilizou-se as plantas contidas na penúltima cova de cada tratamento (figura 3), sendo três plantas de cada tratamento em seus respectivos blocos, totalizando 12 plantas por tratamento. Aos 46 dias após o semeio (DAS) no período de floração, os parâmetros de crescimento de 3 plantas de cada tratamento em seus respectivos blocos foram medidos através da altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de nódulos (NN). Já o acúmulo de fitomassa foi mensurado pela massa

fresca na floração da parte aérea (MFFPA), massa seca na floração da parte aérea (MSFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca dos nódulos (MFN) e massa seca dos nódulos (MSN).

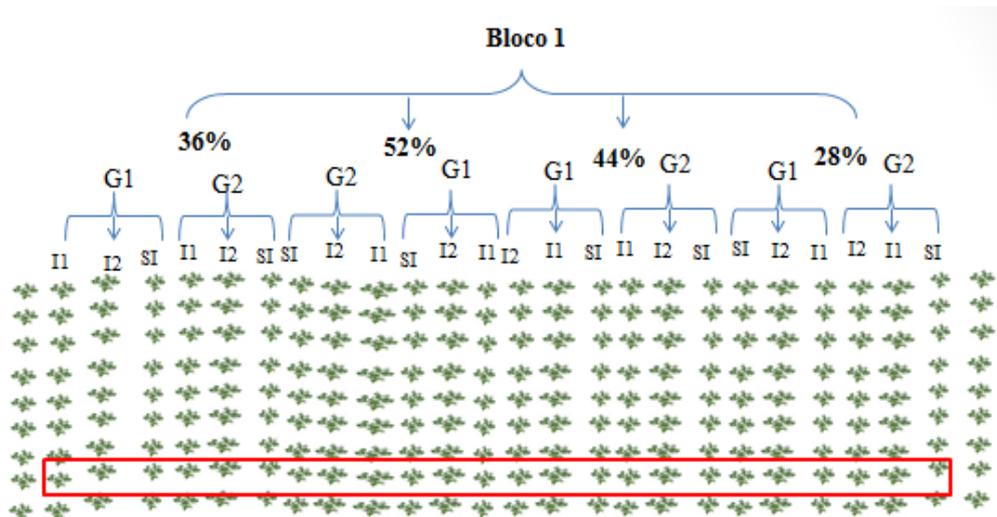


Figura 3: Croqui da área experimental, área coletada na floração, Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.

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 NN que deu-se por contagem simples,

Para determinação do acúmulo de massa fresca, a haste de cada planta (caule, folha) foi cortada rente ao solo e pesada imediatamente em balança semianalítica.

Para as mensurações referentes ao sistema radicular (MFR, NN e MFN) foi realizada a coleta do material em uma área circular com um 1kg de solo, adotando-se esse padrão para todos os tratamentos. Para se evitar perda/reduzindo o erro. A MFR foi pesada e a MFN foi obtida utilizando balança de precisão (0,001 g) e posteriormente os nódulos foram contados.

Após a pesagem das massas frescas, as distintas partes da planta foram acondicionadas separadamente em sacos de papel devidamente identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, mantida na temperatura de 65 °C até obtenção de massa constante.

Quanto ao N-total da parte aérea foi determinado usando o método de Kjeldhal (SANTOS et al., 2009). As amostras foram trituradas e pesadas utilizando 100 mg. Este método baseia-se na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra a 350 °C com ácido sulfúrico concentrado em presença de um catalisador que acelera a oxidação da matéria orgânica, em um bloco digestor.

### 3.2.2 Extração e Ensaio da Atividade da Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD)

Para esta etapa do experimento foi definida a avaliação da menor e maior lâmina de irrigação dentre os tratamentos impostos, para verificar quanto o estresse hídrico e ausência do mesmo, na presença e ausência de inoculantes, podem atuar no feijão-caupi.

A determinação da atividade das enzimas PPO e POD foram realizadas de acordo Hemedá e Kellin (1990). 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  $7.960 \times g$  por 23 minutos a  $4^{\circ}\text{C}$ .

O ensaio da PPO foi determinado pela adição de 250  $\mu\text{L}$  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  $25^{\circ}\text{C}$ , por dois minutos, com intervalo entre leituras. A atividade da PPO foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de  $3,4 \text{ mM cm}^{-1}$  para catecol e expressa em  $\mu\text{mol g}^{-1} \text{ MF min}^{-1}$ .

O ensaio da POD foi determinado pela adição de 50  $\mu\text{L}$  do sobrenadante ao meio de reação contendo 1,250 mL de tampão fosfato 0,01 (pH 7,0), 100  $\mu\text{L}$  de pirogalol (0,001M) e 100  $\mu\text{L}$  de peróxido de hidrogênio (0,08%). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8) a 470 nm, a  $30^{\circ}\text{C}$ , 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  $2,47 \text{ mM cm}^{-1}$  para pirogalol, e expressa em  $\mu\text{mol g}^{-1} \text{ MF min}^{-1}$ .

### 3.2.3 Compostos fenólicos

Utilizou-se a metodologia proposta por Folin-Ciocalteu (1927). 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  $4^{\circ}\text{C}$ . Após esse período, foram centrifugadas a  $10.000 \times g$  a  $2^{\circ}\text{C}$  durante 21 minutos.

O ensaio foi realizado com a utilização de 5  $\mu\text{L}$  do sobrenadante, 2.400  $\mu\text{L}$  de água destilada, 5  $\mu\text{L}$  de Folin Cioucauteu (0,25 N). A mistura foi homogeneizada, durante 3 minutos. Foram adicionados 300  $\mu\text{L}$  de carbonato de sódio (1N), posteriormente, os tubos foram mantidos no escuro em temperatura ambiente por 2 horas. O branco foi feito com 5  $\mu\text{L}$  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.

### 3.3 AVALIAÇÕES NO PERÍODO DE FRUTIFICAÇÃO

#### 3.3.1 Fitomassa Final

Para tais avaliações utilizou-se as plantas contidas nas cinco covas intermediárias de cada tratamento, sendo 15 plantas de cada tratamento em seus respectivos blocos, totalizando 60 plantas por tratamento. No período de frutificação entre 60 e 71 DAS, a IPA206 e BRSTumucumaque, foram colhidas, respectivamente, e realizadas as medições em campo, com balança semianalítica, da massa fresca da parte aérea final (MFPAF), massa fresca das vagens (MFV), em seguida as vagens foram debulhadas para obtenção dos grãos, 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>), considerando-se a área colhida.

#### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro wilk) e homocedasticidade e aquele que não apresentaram normalidade foram transformados, 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 ou teste de média, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

Conforme o resultado da análise de variância (Tabela 2) houve efeito significativo dos fatores lâmina de irrigação, genótipos e inoculante sobre a variável altura de planta. Além disso, ocorreu interação entre lâmina e genótipo para a variável número de folhas. Notou-se ainda interação entre os fatores lâmina e inoculante para a variável diâmetro do caule aos 46 dias após o semeio (DAS).

Tabela 2: Resumo da análise da variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF).

Trat	GL	QM		
		AP	DC	NF
Lâmina (L)	3	93,65**	0,001 <sub>ns</sub>	37,62**
Reg, Linear	1	98,55**	0,0046 <sub>ns</sub>	55,35**
Reg, Quad	1	60,51*	0,00007 <sub>ns</sub>	55,51**
Genótipo(G)	1	184,31**	0,001 <sub>ns</sub>	341,26**
Inoculante(I)	2	119,36**	0,002 <sub>ns</sub>	1,34 <sub>ns</sub>
L x G x I	6	40,64 <sub>ns</sub>	0,003 <sub>ns</sub>	11,04 <sub>ns</sub>
L x G	3	72,84 <sub>ns</sub>	0,002 <sub>ns</sub>	16,39*
L x I	6	9,24 <sub>ns</sub>	0,006**	15,66 <sub>ns</sub>
G x I	2	6,48 <sub>ns</sub>	0,003 <sub>ns</sub>	18,19 <sub>ns</sub>
Bloco	3	14,99 <sub>ns</sub>	0,005*	7,26 <sub>ns</sub>
CV (%)		12,59	8,26	13,30

\*\*Significativo a 0,01; \* Significativo a 0,05 pelo teste; ns=Não significativo pelo teste F.

De acordo com a Figura 4A, para altura de planta, constata-se melhor ajuste dos dados em 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%. 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), embora a CE da água utilizada (1,62 dS m<sup>-1</sup>), seja considerada baixa para esta cultura, esses fatores somados podem ter contribuído para tal resposta.

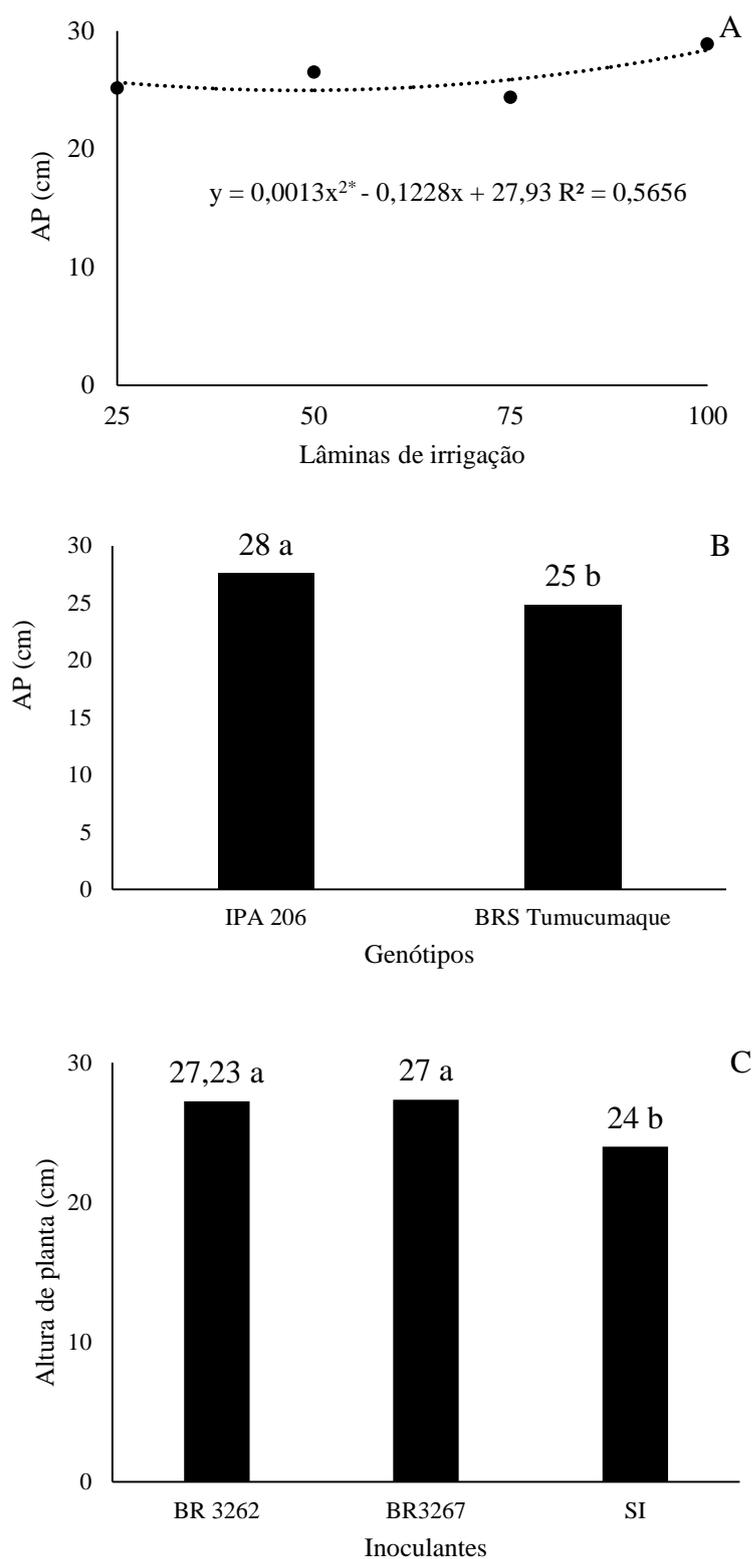


Figura 4: Altura de plantas (AP) de feijão-caupi submetidas a lâminas de irrigação (A) Genótipo (B) e Inoculantes (C), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Andrade et al. (2013), em ensaio realizado em casa de vegetação, com diferentes

níveis salinos, observaram que a salinidade da água de irrigação reduziu a altura de plantas de feijão-caupi, bem como o diâmetro do caule e o número de folhas, a partir de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ , indicando ainda um comportamento diferenciado da salinidade da água de irrigação dentro de cada genótipo estudado. O resultado obtido no trabalho em questão corrobora com os resultados encontrados por Locatelli et al. (2016) que ao avaliarem diferentes cultivares observou que duas delas (BRS Novaera e BRS Pajeú) apresentaram altura proporcional a lâmina de irrigação, em condições de cerrado e com a palhada como tratamento adicional.

Na figura 4B 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). Essa resposta provavelmente está associada ao ciclo mais precoce da primeira variedade, que embora o período de floração tenha sido igual, talvez o desenvolvimento vegetativo da BRS Tumucumaque ainda não estivesse totalmente finalizado (FREIRE FILHO et al., 2009, 1997).

Ao avaliar o efeito do inoculante para variável em questão (Figura 4C), os inoculantes comerciais não diferiram estatisticamente entre si, no entanto diferiram do tratamento sem inoculação (SI), que obteve a menor média (23,99). Esse resultado indica que as estirpes recomendadas possuem grande capacidade de competição e adaptação. Silva et al. (2016) realizou biometrias durante o ciclo da cultivar BRSGuariba em diferentes situações, onde teve como tratamentos sementes inoculadas e não inoculadas em consórcio e solteiro, cultivadas em vasos, onde para a altura de plantas avaliada aos 52 dias após emergência (DAE) e aos 82 (DAE), teve médias de 27,81 e 41,5, respectivamente, pode observar que o feijão-caupi solteiro com inoculante apresentou os maiores valores comparados ao feijão-caupi consorciado sem inoculante e feijão-caupi consorciado com inoculante. Mostrando que a inoculação traz 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, porém a intensificação dos efeitos dependeu da lâmina de irrigação (Figura 5).

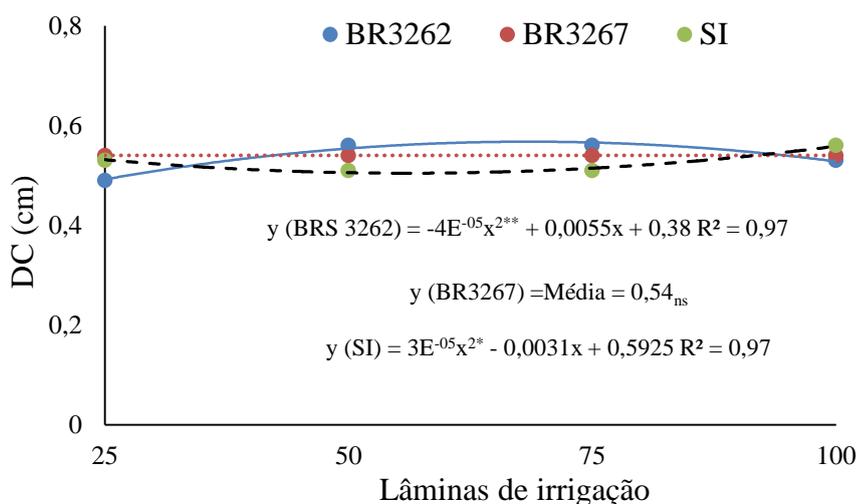


Figura 5: Diâmetro de caule de feijão-caupi em função da interação entre lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Observa-se através dos estudos de regressão, que as plantas não inoculadas resultou em maior DC, associada à lâmina de irrigação de 52% (0,62 cm) e para as plantas inoculadas com a estirpe BRS3262 com a lâmina 41% (0,55 cm). 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. Nessas condições o excesso de sais no solo acarreta prejuízos a vários processos fisiológicos e bioquímicos, podendo também levar a planta a estado de estresse hídrico e a sofrer com a toxidez, fato que resultará em sérios prejuízos ao crescimento, desenvolvimento, produção e produtividade dos vegetais (ESTEVES; SUZUKI, 2008). Esse resultado também reafirma que estirpes recomendadas para a cultura, mesmo que não tenham origem no mesmo ambiente, como é o caso, são capazes de competir com as estirpes nativas da caatinga. 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 na Figura 6, 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%.

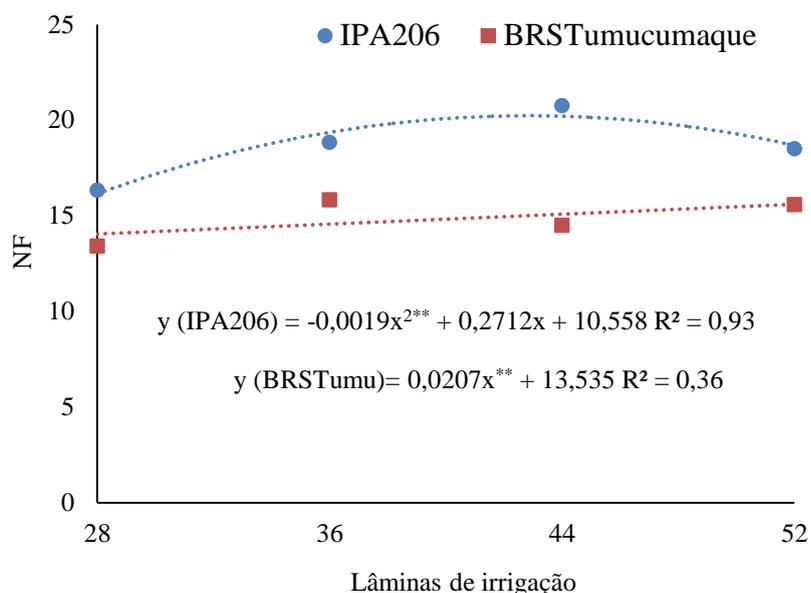


Figura 6: Número de folhas de feijão-caupi em função da interação entre lâminas de irrigação e genótipos, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

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. em condições de campo (2014) ao avaliar o número de folhas nas cultivares BRS Aracê e BRS Tumucumaque encontrou respostas semelhantes para esta variável.

#### 4.2 FITOMASSA E ACÚMULO DO NITROGÊNIO TOTAL

Na tabela 3 para análise de variância observa-se efeito isolado de lâmina para massa fresca, seca da raiz e nitrogênio acumulado na parte aérea. Havendo interação entre lâmina e genótipo para as variáveis massa fresca e seca na floração da parte aérea. Percebeu-se, ainda, interação entre os fatores lâmina e inoculante para a variável massa fresca na floração da parte aérea aos 46 dias após o semeio (DAS).

Tabela 3: Resumo da análise da variância para massa fresca na floração da parte aérea (MFFPA), e seca na floração da parte aérea (MSFPA), nitrogênio total da parte aérea (Ntotal), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) aos 46 dias após o semeio (DAS) de genótipos de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Tratamentos	GL	QM				
		MFFPA	MSFPA	Ntotal (kg ha <sup>-1</sup> )	MFR	MSR
Lâmina (L)	3	2171,01 <sup>**</sup>	53,78 <sup>**</sup>	22,05 <sup>**</sup>	12,96 <sup>**</sup>	0,86 <sup>**</sup>
Reg, Linear	1	2761,36 <sup>**</sup>	23,34 <sub>ns</sub>	30,70 <sup>**</sup>	26,19 <sup>**</sup>	1,40 <sup>**</sup>
Reg, Quad,	1	1564,79 <sup>*</sup>	12,53 <sub>ns</sub>	6,44 <sub>ns</sub>	0,51 <sub>ns</sub>	0,03 <sub>ns</sub>
Genótipo(G)	1	6887,63 <sup>**</sup>	84,30 <sup>**</sup>	9,45 <sub>ns</sub>	1,13 <sub>ns</sub>	0,61 <sub>ns</sub>
Inoculante(I)	2	402,10 <sub>ns</sub>	1,69 <sub>ns</sub>	0,19 <sub>ns</sub>	1,18 <sub>ns</sub>	0,54 <sub>ns</sub>
L x G x I	6	816,61 <sub>ns</sub>	13,06 <sub>ns</sub>	1,14 <sub>ns</sub>	4,99 <sub>ns</sub>	0,24 <sub>ns</sub>
L x G	3	1257,62 <sup>**</sup>	22,22 <sup>*</sup>	1,95 <sub>ns</sub>	3,05 <sub>ns</sub>	0,41 <sub>ns</sub>
L x I	6	1482,57 <sup>**</sup>	14,88 <sub>ns</sub>	8,42 <sub>ns</sub>	3,42 <sub>ns</sub>	0,29 <sub>ns</sub>
G x I	2	735,81 <sub>ns</sub>	26,73 <sub>ns</sub>	0,95 <sub>ns</sub>	1,99 <sub>ns</sub>	0,20 <sub>ns</sub>
Bloco	3	527,03 <sub>ns</sub>	14,37 <sub>ns</sub>	11,23 <sub>ns</sub>	2,52 <sub>ns</sub>	0,04 <sub>ns</sub>
CV (%)		14,42	8,40	42,14	19,14	10,91

\*\*Significativo a 0,01; \* Significativo a 0,05 pelo teste; ns=Não significativo pelo teste F.

A massa fresca na floração da parte aérea (MFFPA) apresentou interação entre lâminas de irrigação e genótipos (figura 7A), verifica-se de acordo com as equações de regressão efeito linear e crescente. A variedade IPA206 e BRS BRSTumucumaque apresentaram ganhos de 20,24 e 43,69% nas plantas de feijão-caupi submetidas a lâmina de irrigação de 52% quando comparadas com as que receberam a menor lâmina (28%). Os efeitos sofridos pelas plantas como a deficiência hídrica causada pelo efeito osmótico proporcionam alterações morfológicas e anatômicas, como redução do tamanho das folhas que é a mais expressiva, causando redução na produção de biomassa nas plantas cultivadas sobre condição de estresse salino (OLIVEIRA et al., 2013).

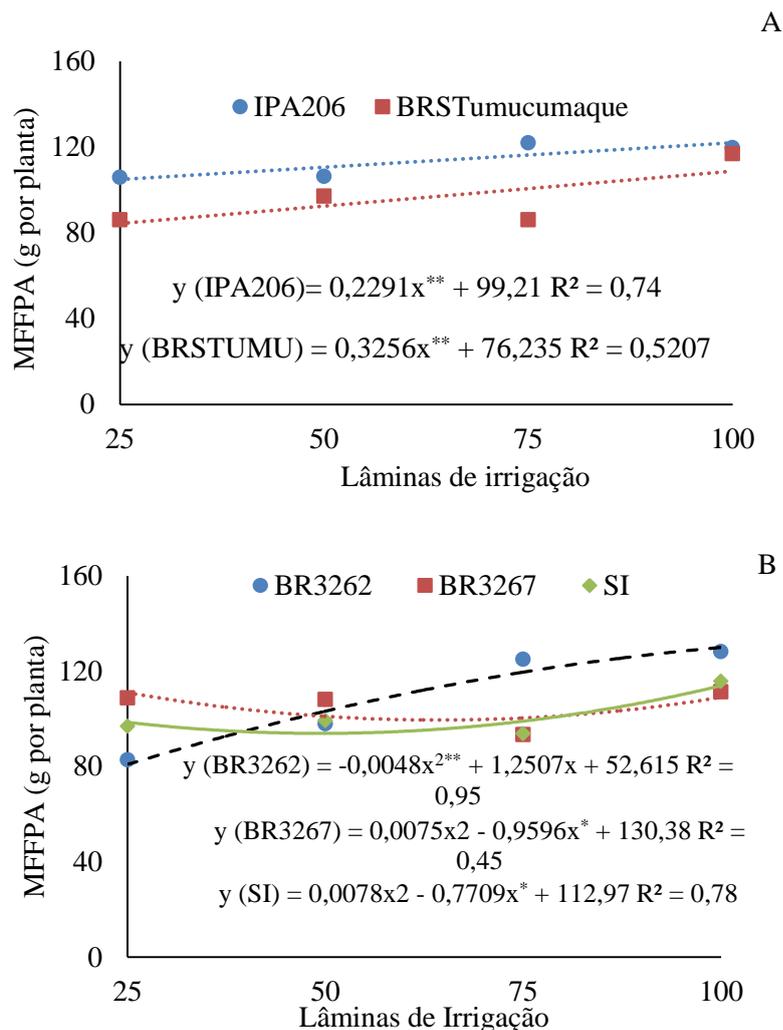


Figura 7: Massa fresca na floração da parte aérea (MFFPA) de feijão-caupi em função da interação entre os fatores lâminas de irrigação e genótipo (A) e interação entre os fatores lâminas de irrigação e inoculantes (B), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Na Figura 7B, observa-se a interação das lâminas com os inoculantes, e de acordo com as equações de regressão, nota-se que os dados se ajustaram melhor ao modelo quadrático, sendo a maior produção de MFFPA encontrada na lâmina de 52% para todos os inoculantes onde os maiores valores para BR3262 (129,9 g), BR 3267 (109,16 g) e SI (113,93 g). Essa variável deve ter sido mais afetada no que diz respeito ao déficit hídrico. Já Ferreira et al. (2013) verificaram que a inoculação em feijão-caupi com a estirpe BR 3262, proporcionou massa da parte aérea similar a ausência de inoculação. Borges et al. (2012) relatou massa da parte aérea semelhante e até superior nas plantas sem inoculantes, quando comparado à inoculação com estirpes recomendadas.

Seguindo o mesmo comportamento da MFFPA, a MSFPA nota-se interação entre os

fatores lâminas de irrigação e genótipos (figura 8), verifica-se que de acordo com as equações de regressão houve efeito linear e crescente.

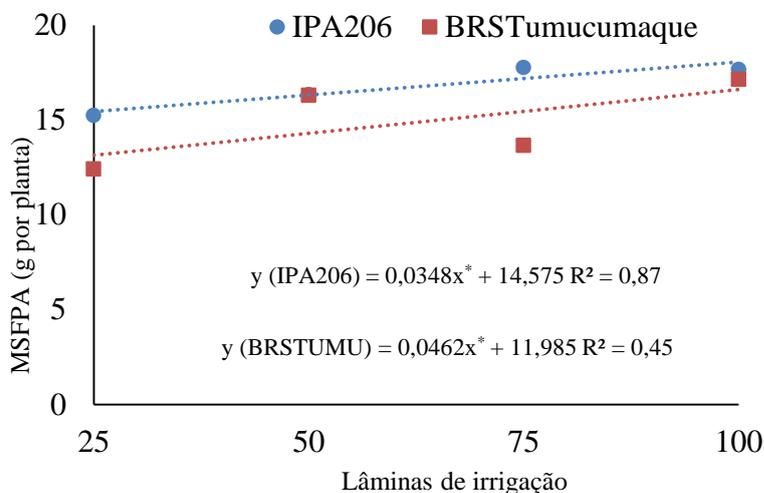


Figura 8: Massa seca na floração da parte aérea (MSFPA) de feijão-caupi em função da interação entre os fatores interação lâminas de irrigação e genótipos, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

A variedade IPA206 em comparação com a variedade BRS Tumucumaque apresentou ganhos de 38,13% enquanto a BRS Tumucumaque apresenta aumentos de ganhos de 21,05% nas plantas de feijão-caupi submetidas à lâmina de irrigação de 52% quando comparadas com as que receberam a menor lâmina (28%). Isso pode ser explicado pelo fato de que cada genótipo responde diferentemente ao estresse salino e hídrico (DANTAS et al., 2002), esses fatores somados podem interferir no desenvolvimento das plantas.

Na figura 9 observa-se que houve efeito isolado das lâminas de irrigação em relação ao acúmulo de N-total da parte aérea. Percebe-se efeito linear, o maior acúmulo foi na maior lâmina (5,57 kg ha<sup>-1</sup>).

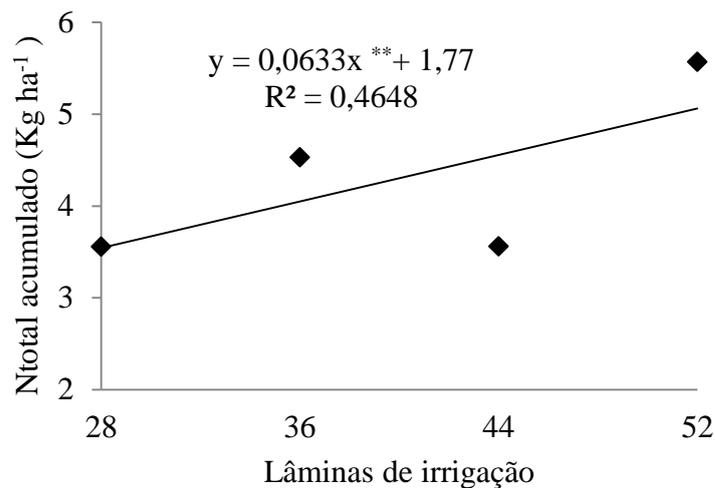


Figura 9: Nitrogênio total acumulado na parte aérea (Ntotal) de feijão-caupi submetidas a lâminas de irrigação crescentes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

A FBN pode ser determinada pela eficiência da simbiose entre plantas e microrganismos em fixar N<sub>2</sub> e pela produtividade de biomassa, no entanto esses são fatores que dependem das condições ambientais a quais estão impostas (MOKGEHLEET et al., 2014).

O estresse hídrico pela utilização das lâminas que não tenham suprido a necessidade podem ter interferido no acúmulo do N-total. Levando em consideração que pelo menos 90% da célula é composta por água, o estresse hídrico prejudica a nodulação em leguminosas, ocasionando a senescência prematura dos nódulos, o que reduz, conseqüentemente, a taxa de FBN. Podendo também ter interferido no transporte de produtos nitrogenados, inibindo a atividade nessas estruturas (YANG et al., 2013).

Na figura 10, a MFR apresentou um comportamento linear, sendo possível observar um maior incremento de massa na lâmina de 52% (1,42 g), tendo menor massa na menor lâmina de 28%.

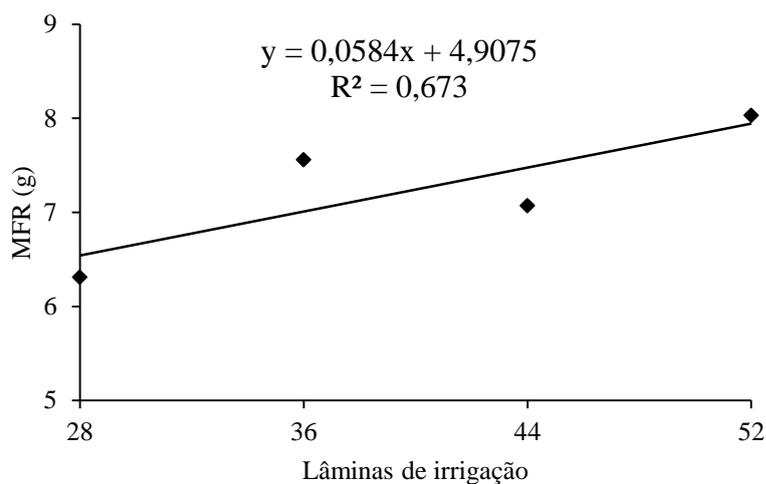
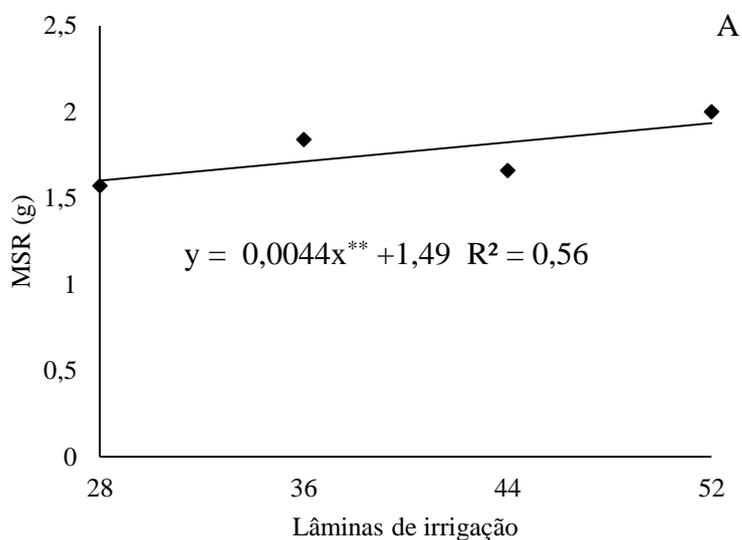


Figura 10: Massa fresca da raiz de feijão-caupi, submetidas a lâminas de irrigação crescentes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Sá et al., (2013) atribui a redução na fitomassa da raiz em função do estresse hídrico causado pela salinidade a estratégia de defesa da planta, afim de reduzir a incorporação dos íons tóxicos, possibilitando que a planta resista a salinidade por mais tempo.

Para MSR (figura 11A) é possível observar efeito linear, na lâmina de 52% apresentou acúmulo de 0,33g, em comparação com a menor lamina de irrigação (28%).



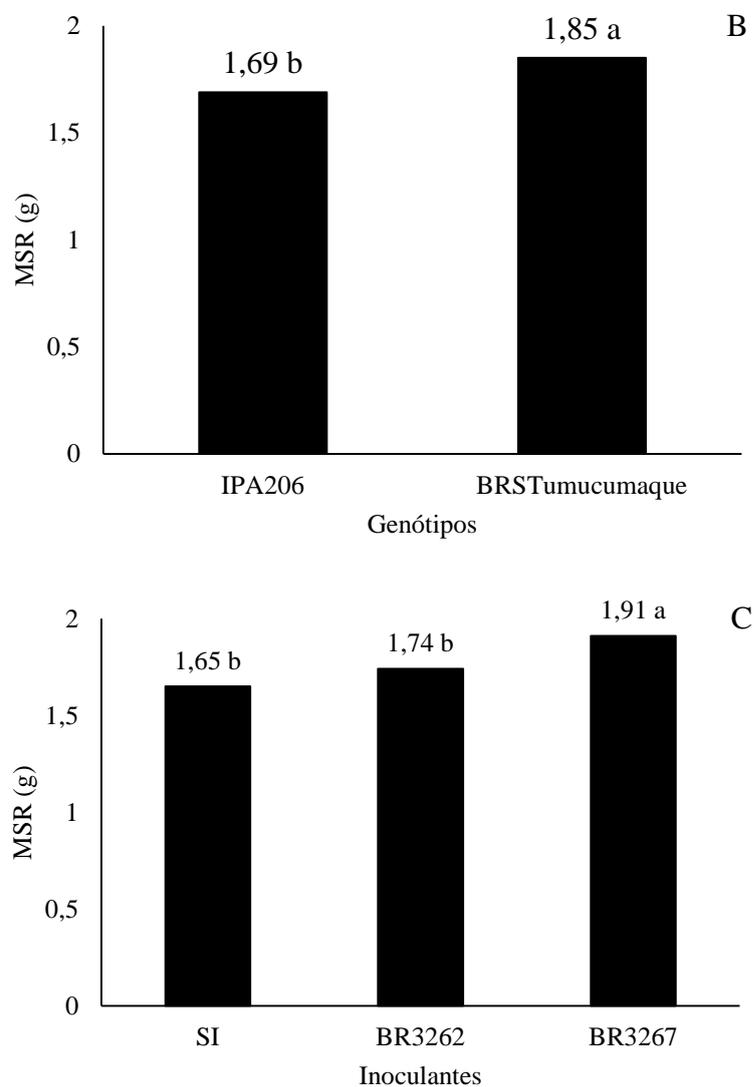


Figura 11: Massa seca da raiz (MSR) de feijão-caupi submetidas a lâminas de irrigação (A) Genótipo (B) e Inoculantes (C), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Entre os genótipos (figura 11B) houve diferença significativa, onde a MSR da BRSTumucumaque foi maior, com 1,85 g em comparação com a IPA206 que foi de 1,69 g. Na figura 11C 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.

### 4.3 NODULAÇÃO

Na tabela 4 para análise de variância observa-se efeito significativo dos fatores lâmina de irrigação, genótipos e inoculante sobre a variável massa fresca de nódulos. Verifica-se apenas efeito de interação tripla (L x G x I) sob a variável massa seca de nódulos. Entretanto para o número de nódulos não foi observado efeito significativo para os fatores estudados aos 46 dias após o semeio (DAS).

Tabela 4: Resumo da análise da variância para número de nódulos (NN), massa fresca de nódulos (MFN) e massa seca de nódulos (MSN) aos 46 dias após o semeio (DAS) de genótipos de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Tratamentos	GL	QM		
		NN	MFN	MSN
Lâmina (L)	3	1010,27 <sub>ns</sub>	0,35 <sup>**</sup>	0,06 <sup>**</sup>
Reg, Linear	1	1365,52 <sub>ns</sub>	0,09 <sup>**</sup>	0,17 <sup>**</sup>
Reg, Quad,	1	302,46 <sub>ns</sub>	0,08 <sup>*</sup>	0,00008 <sub>ns</sub>
Genótipo(G)	1	2324,60 <sub>ns</sub>	0,21 <sup>*</sup>	0,08 <sup>**</sup>
Inoculante(I)	2	103,29 <sub>ns</sub>	0,07 <sup>*</sup>	0,01 <sup>**</sup>
L x G x I	6	455,22 <sub>ns</sub>	0,02 <sub>ns</sub>	0,004 <sup>*</sup>
L x G	3	426,04 <sub>ns</sub>	0,03 <sub>ns</sub>	0,01 <sup>**</sup>
L x I	6	322,95 <sub>ns</sub>	0,03 <sub>ns</sub>	0,008 <sup>**</sup>
G x I	2	904,48 <sub>ns</sub>	0,11 <sub>ns</sub>	0,01 <sup>**</sup>
Bloco	3	501,34 <sub>ns</sub>	0,03 <sub>ns</sub>	0,001 <sub>ns</sub>
CV (%)		44,02	4,63	1,87

<sup>\*\*</sup>Significativo a 0,01; <sup>\*</sup> Significativo a 0,05 pelo teste; ns=Não significativo pelo teste F.

Para a massa fresca dos nódulos (MFN), em função das lâminas de irrigação (Figura 12A), verifica-se que à medida que se elevaram as lâminas houve uma redução no MFN, sendo encontrado valor máximo de 0,53 g na lâmina de 28%, e a menor MFN (0,33 g) foi obtida na lâmina de 52%.

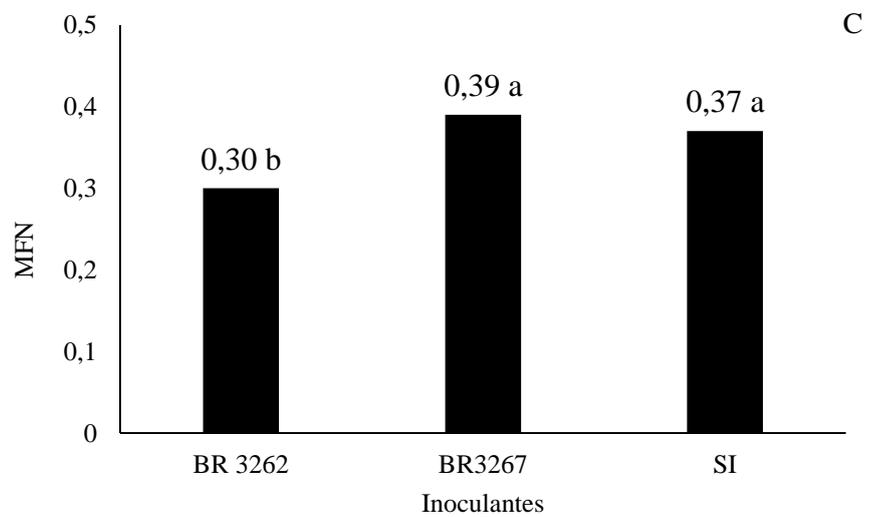
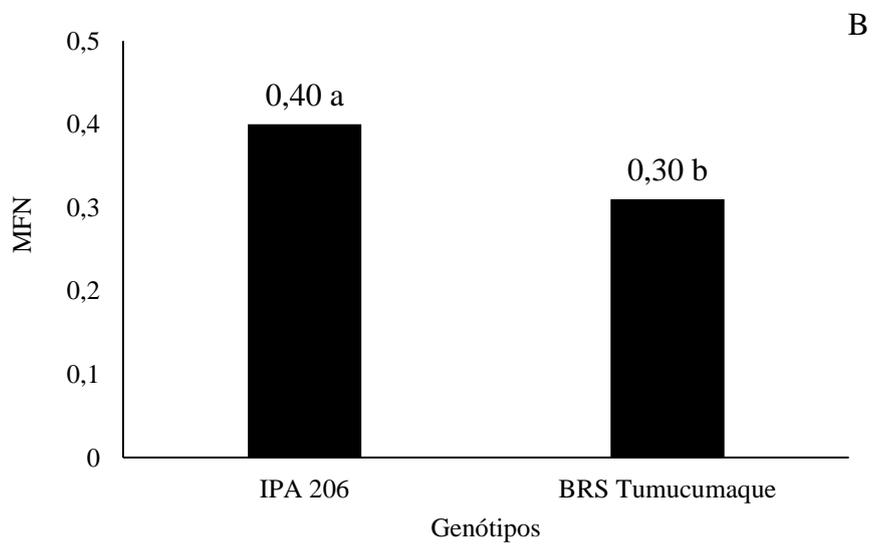
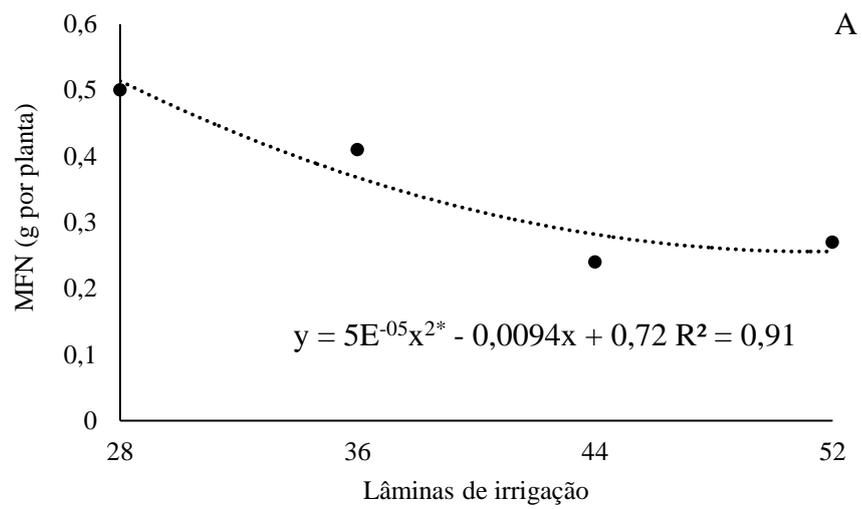


Figura 12: Massa fresca dos nódulos (MFN) de feijão-caupi submetidas a lâminas de

irrigação (A) Genótipo (B) e Inoculantes (C), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Lima et al., (2007) observaram redução na nodulação, ao passo que o nível de salinidade da água era aumentada. Podendo inferir que ao aumentar as lâminas com água salina, a massa dos nódulos sofre redução. Podemos observar que o aumento das lâminas com água salina, reduziu a massa dos nódulos, o que pode ter interferido no baixo teor de N-total. Nas condições do experimento, a maior lâmina não foi capaz de promover lixiviação dos sais.

Para a variável MFN (Figura 12B), os genótipos de feijão-caupi apresentaram diferença significativa, na qual o genótipo IPA 206 (0,40 g) apresentou melhor resultado quando comparado com o genótipo BRSTumucumaque (0,31 g).

Costa et al., (2014) também observaram diferença significativa entre genótipos de feijão-caupi, no Piauí para a massa fresca de nódulos (MFN). Em relação à MFN (Figura 12C), para os inoculantes no feijão-caupi nota-se que os melhores resultados foram encontrados no inoculante BR3267, com acúmulo de 0,39g superior aos da BR 3262, entretanto a BR 3267 não apresentou diferença significativa, quando comparada com as plantas que não receberam a inoculação (SI – 0,37 g) e ambos diferiram quando utilizou-se o inoculante com a estirpe BR3262. Essa resposta pode estar associada ao fato do feijão-caupi ser uma planta considerada promíscua, sendo capaz de associar-se a diversas estirpes de rizóbios, tal resultado pode ainda, indicar competição entre as espécies nativas e o inoculante recomendado, BR 3267, que foi produzido a partir de rizóbios de áreas de caatinga (GUIMARÃES et al., 2012).

Na figura 13A, para o genótipo IPA206 em relação a massa seca dos nódulos MSN o inoculante BR3262, apresentou uma correlação linear negativa, e o inoculante BR3267 apresentou um comportamento quadrático, onde a lâmina de 44% foi a que mais se destacou, na ausência de inoculante (SI) apresentou comportamento semelhante ao inoculante BR3267, no entanto com médias relativamente maiores.

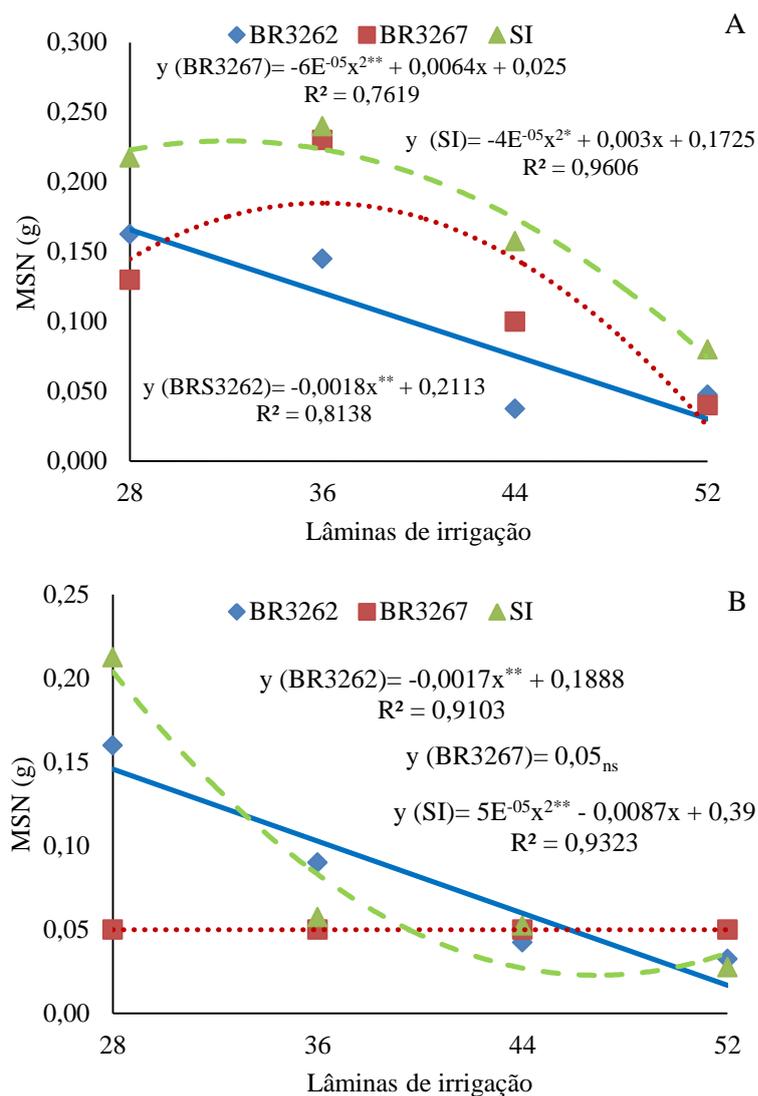


Figura 13: Massa seca dos nódulos (MSN) de feijão-caupi, variedade IPA 206 (A) e variedade BRSTumucumaque (B) submetidas a lâminas de irrigação crescentes, na presença e ausência de inoculantes (I1=BR3262, I2=BR3267 e I3=Sem inoculante), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Em ambiente de cerrado Chagas Júnior et al.(2010) em diferentes experimentos usando variedades de feijão-caupi distintas, com diversas estirpes observou 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 para as estirpes BR 3302, BR 3301 e BR 3262 foram superiores, quando comparadas a outras estirpes usadas.

Na figura 13B 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 28 % 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, bem como das condições em que ocorre tal associação.

#### 4.4 FITOMASSA FINAL E PRODUTIVIDADE

Conforme o resultado da análise variância dos dados coletados aos 60 dias após o semeio (IPA 206) e aos 71 dias após o semeio (BRSTumucumaque), (Tabela 5) houve efeito significativo do fator genótipo sobre massa fresca e seca da parte aérea final. Já para massa seca dos grãos notou-se efeito significativo isolado para lâmina de irrigação, bem como para produtividade. Ademais não foi observado efeito significativo da interação (L x I x G) sobre as variáveis em estudo.

Tabela 5: Resumo da análise da variância para massa fresca da parte aérea final (MFPAF), massa seca da parte aérea final (MSPAF), massa seca total da vagem (MSTV) e massa seca dos grãos (MSG) e produtividade (Prod t ha<sup>-1</sup>) entre 60 (IPA206) e 71 (BRSTumucumaque) dias após o semeio (DAS) de genótipos de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e inoculantes, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

Tratamentos	G	QM				
		MFPAF	MSPAF	MSTV	MSG	Prod (t ha <sup>-1</sup> )
Lâmina (L)	3	20541,91 <sub>ns</sub>	229,45 <sub>ns</sub>	5535,69 <sub>ns</sub>	388,03*	0,62*
Reg, Linear	1	24825,63 <sub>ns</sub>	716,76 <sub>ns</sub>	991,58 <sub>ns</sub>	0,36 <sub>ns</sub>	1,03*
Reg, Quad,	1	6176,04 <sub>ns</sub>	207,50 <sub>ns</sub>	28,97 <sub>ns</sub>	0,37 <sub>ns</sub>	0,02 <sub>ns</sub>
Genótipo (G)	1	1397802,66**	10027,25**	245,12 <sub>ns</sub>	417,54 <sub>ns</sub>	0,67 <sub>ns</sub>
Inoculante (I)	2	1638,40 <sub>ns</sub>	32,05 <sub>ns</sub>	23,83 <sub>ns</sub>	7,76 <sub>ns</sub>	0,01 <sub>ns</sub>
L x G x I	6	4094,74 <sub>ns</sub>	303,81 <sub>ns</sub>	214,80 <sub>ns</sub>	82,87 <sub>ns</sub>	0,13 <sub>ns</sub>
L x G	3	14316,19 <sub>ns</sub>	409,24 <sub>ns</sub>	76,44 <sub>ns</sub>	28,39 <sub>ns</sub>	0,05 <sub>ns</sub>
L x I	6	4712,19 <sub>ns</sub>	165,85 <sub>ns</sub>	150,92 <sub>ns</sub>	108,68 <sub>ns</sub>	0,17 <sub>ns</sub>
G x I	2	4093,51 <sub>ns</sub>	33,89 <sub>ns</sub>	25,41 <sub>ns</sub>	5,40 <sub>ns</sub>	0,01 <sub>ns</sub>
Bloco	3	37645,41*	492,07 <sub>ns</sub>	596,41 <sub>ns</sub>	335,09 <sub>ns</sub>	0,54 <sub>ns</sub>
CV (%)		21,98	25,71	22,20	22,57	22,57

\*\*Significativo a 0,01; \* Significativo a 0,05 pelo teste; ns=Não significativo pelo teste F.

Na tabela 6, observa-se o efeito isolado para genótipo, onde o IPA206 comparado ao

BRSTumucumaque, apresentou maior massa para todas as variáveis analisadas, diferindo significativamente ao nível de 5% de probabilidade. Gonçalves et al. (2017) ao avaliarem diferentes genótipos em diferentes lâminas de irrigação, observou efeito significativo isolado para genótipo para as variáveis massa seca da parte aérea, altura e diâmetro de planta. Silva et al. (2016) observaram em diferentes genótipos, quanto a fitomassa seca, diferenças significativas tanto entre os genótipos quanto as técnicas de plantio usadas.

Tabela 6: Massa fresca total da parte aérea final (MFPAF) e Massa seca total da parte aérea final (MSPAF) de feijão-caupi, avaliando as variedades IPA206 e BRSTumucumaque, Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST,2017.

Genótipos	MFPAF	MSPAF
IPA206	614,04 A	83,87 A
BRSTumucumaque	372,71 B	63,43 B

Médias seguidas de mesma letra não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para produtividade de grãos secos, ambos genótipos sofreram efeito isolado das lâminas (Figura 14), observou-se maior produtividade na lâmina mais alta, com 2,23 t ha<sup>-1</sup>.

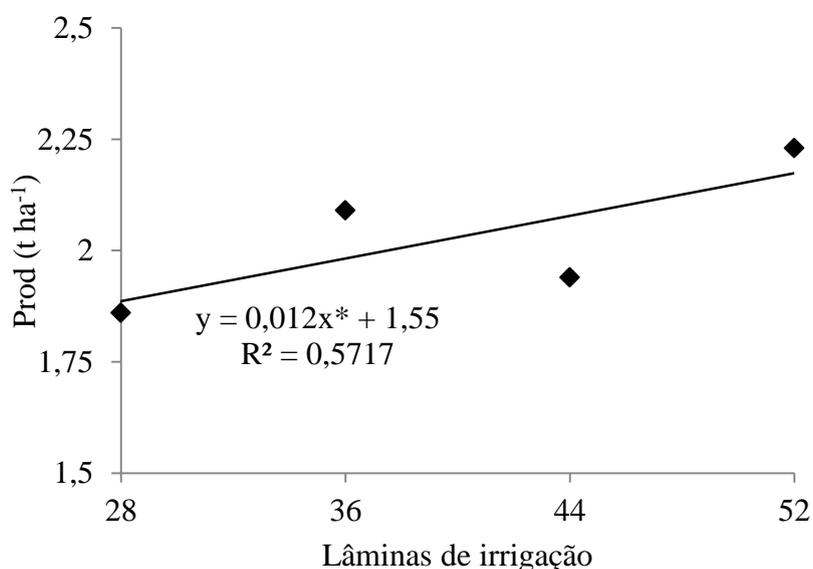


Figura 14: Produtividade de grãos secos (t há<sup>-1</sup>) de feijão-caupi, submetidos a lâminas de irrigação crescentes, Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.

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.

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 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). Observa-se que o rendimento foi superior a média Nacional que é de 350 Kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).

#### 4.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

A atividade da Polifenoloxidase (PPO) é maior no G2 (BRSTumucumaque) com 52% da lâmina de irrigação em relação as condições de 28%, independente do inóculo. Além disso, o G2 com inóculo 2 (BR3267) sempre manteve maior atividade, independente da lâmina de irrigação. No caso do G1 (IPA206) também na maior lâmina manteve maior atividade da PPO, com exceção do G1 com inóculo 1 na menor lâmina (Figura 15). 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 (CARVALHO et al., 2011; SILVA et al., 2016) e provavelmente do déficit hídrico.

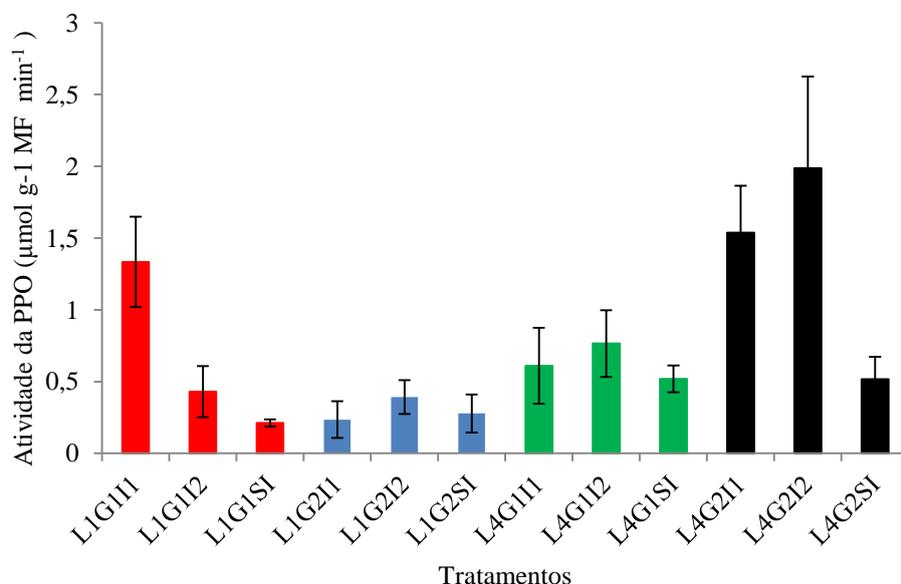


Figura 15: Atividade da PPO em folhas de feijão-caupi, genótipo IPA206 (G1), genótipo BRSTumucumaque (G2), submetidas a lâminas de irrigação (L1=28% e L4= 52%), inoculadas (I1=BR3262 e I2=BR3267) e na ausência de inoculante (SI), Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2017.

A atividade da Peroxidase (POD) é maior nos G1 e G2 com 52% de água de irrigação em relação as condições de 28%, com exceção do G1 sem inoculante. 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 (Figura 16). Segundo Tuzun (2001) as peroxidases estão envolvidas nas respostas iniciais de defesa de plantas.

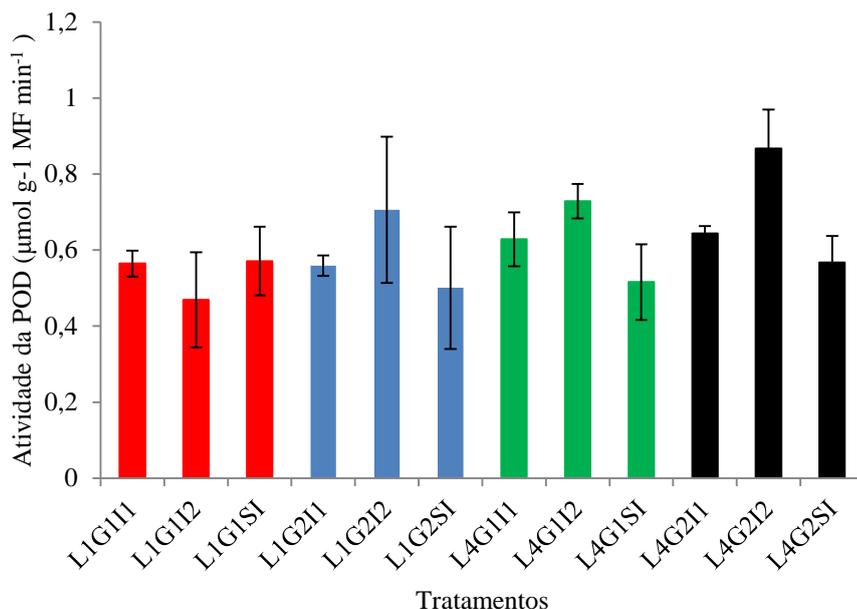


Figura 16: Atividade da POD em folhas de feijão-caupi, variedade, IPA206 (G1), variedade BRSTumucumaque (G2), submetidas a lâminas de irrigação (L1=28% e L4= 52%), inoculadas (I1=BR3262 e I2=BR3267) e na ausência de inoculante (SI).

## 5.5 COMPOSTOS FENÓLICOS

De acordo com os resultados obtidos a BRSTumucumaque (G2) possui constitutivamente mais compostos fenólicos em relação ao IPA206 (G1), nas condições de lâmina máxima (52%) (Figura 17). Isso foi bem perceptível quando são inoculados pela estirpe BR3267 (I2), que nesse caso pode ser uma resposta a estirpe utilizada, que é proveniente de ambiente de caatinga, talvez atuando como forma de proteção. A BRSTumucumaque com lâmina de água (52%) apresentou mais compostos fenólicos, enquanto que nessa mesma condição o IPA206 apresentou menos compostos fenólicos, a exceção da L4G1I1. Quando se restringiu a água ao IPA206, o teor de compostos fenólicos foi aumentado. Isso pode ser uma resposta ao estresse hídrico. O que não aconteceu com o BRSTumucumaque. Segundo Gobbo-Neto; Lopes (2007), a taxa de produção de metabólitos secundários pode ser coordenada ou alterada por diversos fatores, dentre os quais se destaca a

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

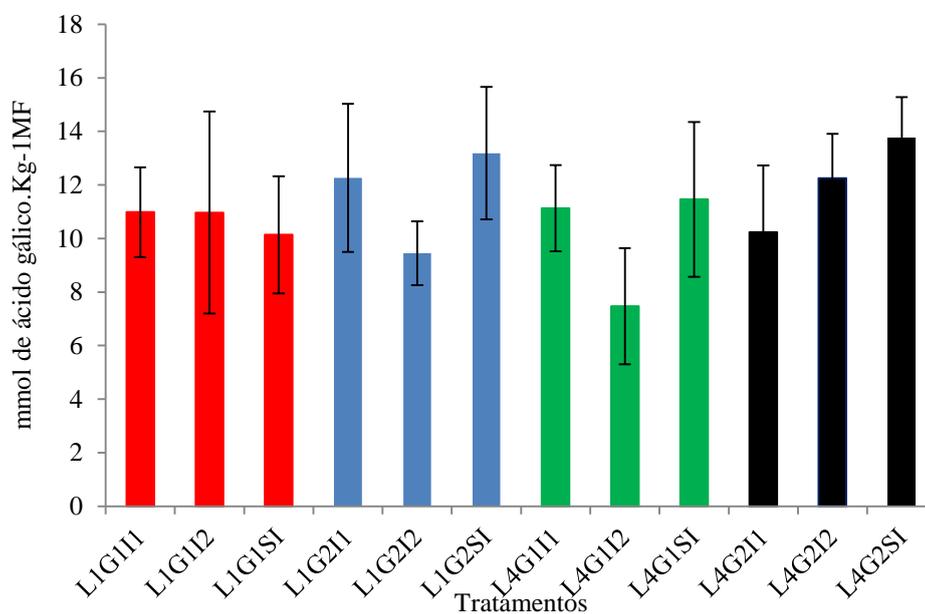


Figura 17: Atividade dos Compostos fenólicos em folhas de feijão-caupi, genótipo, IPA206 (G1), genótipo BRSTumucumaque (G2), submetidas a lâminas de irrigação (L1=28 e L4= 52%), inoculadas (I1=BR3262 e I2=BR3267) e na ausência de inoculante (SI), Serra Talhada- PE, UFRPE/UAST, 2017.

## **5 CONCLUSÃO**

O genótipo IPA206, apresentou plantas maiores; com mais folhas; maior massa fresca e seca na floração e frutificação e alta produtividade, independente das lâminas de irrigação usadas e das estirpes de rizóbios. O genótipo BRS Tumucumaque apresentou plantas com menores parâmetros biométricos na parte aérea em relação ao IPA206.

Os parâmetros medidos relacionados à raiz e aos nódulos mostraram que na maior lâmina de irrigação houve um maior acúmulo de massa da raiz. Já para os nódulos o efeito foi inverso, na menor lâmina de irrigação, houve um maior acúmulo. Na maior lâmina houve o maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea.

A atividade da PPO e POD aumentou em plantas inoculadas, principalmente na BRS Tumucumaque, na maior lâmina. Além disso, os compostos fenólicos na IPA 206 foram maiores na menor lâmina, podendo ajudar a conferir tolerância às condições estudadas.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, P. et al. Drought Stress Induced Oxidative Damage and Antioxidants in Plants. In: **Oxidative Damage to Plants, Antioxidant Networks and Signaling**. (ed.) AHMAD, P. Academic Press, 2014, cap. 11, p. 345-367.

ALLEN, R. G. et. Al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998. 300 p.

ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura. 2010. 234 p.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, 2013, p. 711-728.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes regimes hídricos. **Comunicata Scientiae**, UFPI, v. 5, n. 2, p. 187-195, 2014.

ANDRADE, A. P. et al. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n. 4, p. 01-14, 2010.

ANDRADE, J. R. et al. Crescimento inicial de genótipos de feijão-caupi submetidos à diferentes níveis de água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido-ACSA**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 38-43, 2013.

ANDREWS, M. et al. Nitrogen fixation in legumes and actinorhizal plants in natural ecosystems: values obtained using <sup>15</sup>N natural abundance. **Journal Plant Ecology and Diversity**, Botanical Society of Scotland, v. 4, n. 2-3, p. 131-140, 2011.

ARAÚJO, J. P. P. et. al. Cultura do Caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Descrição e Recomendações Técnica de Cultivo. Circular técnica-EMBRAPA-CNPAF, 1984, p. 7- 20.

ASSIS, M.A.A.; NAHAS, M.V. ASPECTOS NUTRICIONAIS DE FITATOS E TANINOS. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 5-19, 1999.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande:UFPB, 1999. 218 p.

AZEVEDO NETO A. D.; TABOSA J. N. 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, v. 4, n. 2, p.165-171, 2000.

BARBOSA, M. R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciências Agrárias**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.

BARBOSA, M. S.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C. Análise socioeconômica e tecnológica da produção de feijão-caupi no Município de Tracuateua, Nordeste Paraense. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 10, p. 7-26, 2010.

BARROS, R. L. N. et al. Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.

BECANA, M. et al. Recent insights into antioxidant defenses of legume root nodules. **New Phytologist**, v. 188, n.4, p. 960-976, 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006, 625 p.

BEZERRA, A. A. C. et al. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

BEZERRA, F. M. L. et al. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE. v. 34, n. 1, p. 13-18, 2003.

BLANCO, F. F. et al. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 524-530, 2011.

BODDEY, R. M. et al. Sucesso na inoculação do feijão caupi com rizóbio na África ocidental. III CONAC - CONGRESSO NACIONAL DO FEIJÃO CAUPI. Recife, Brasil, 2013.

BORGES, P. R. S. et al. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em Gurupi, TO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n. 1, p.37-44, 2012.

BRAZ-TANGERINO, F. et al. Visión del regadío. **Ingeniería del Agua**, UPV, FFIA, v.18, p.38-53, 2014.

BUCHI, L. et al. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. **Plant and Soil**, v. 393, n. 1-2, p. 163-175, 2015.

CÂMARA, J. A. S.; FREIRE FILHO, F. R. Cultivo do feijão caupi. Teresina, Embrapa Meio-Norte. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 57), 2001, p. 32.

CARVALHO, F. E. L. et al. 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, v.15, n. 4, p.416-423, 2011.

CARVALHO, J. C. T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E. P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P., et al (Eds.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, Florianópolis: Editora da UFSC/Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007. p. 519-536.

CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 41, n.4, p. 709-714, 2010.

CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. Efetividade de rizóbios e caracterização fenotípica dos isolados que nodulam feijão-caupi em solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, vol. 39, n. 3, p. 489 – 494, 2009.

CHAGAS JÚNIOR, A. F. et al. Promoção de crescimento em feijão-caupi inoculado com rizóbio e trichoderma spp. no cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 190 – 199, 2014

CLAESSEN, M. E. C. (org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, Documentos, 1, 1997. 212p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho de 2014. Brasília, DF, 2014. 85 p.

COSTA, E. M. Resposta de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Universidade Federal Rural de Pernambuco Pernambuco, Brasil, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

DANTAS, J. P. et al. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n. 3, p.425-430, 2002.

DAS, P. et al. Oxidative environment and redox homeostasis in plants: dissecting out significant contribution of major cellular organelles. **Frontiers in Plant Science**, Review article, v. 2, p. 1-11, 2015.

DINAKAR, C.; DJILIANOV, D.; BARTELS, D. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: Energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**, Elsevier, v. 182, p. 29-41, 2012.

DUTRA et al. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, UFRPE, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Ecologia Brasileira**, 2008, v. 12, p. 662-679.

FARIAS T. P. et al. Symbiotic efficiency of rhizobia strains with cowpea in southern Maranhão. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 29, n.3, p. 611-618, 2016.

FERNANDES JUNIOR, P. I. et al. Phenotypic diversity and amyolytic activity of fast growing rhizobia from pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) (MILLSP.)). **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 1604-1612, 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2011.

FERREIRA, L. V. M. et al. Biological Nitrogen Fixation in Production of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Family Farming in Piauí, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Canadian

Center of Science and Education, v. 5, n. 4, p. 153-160, 2013.

FERREIRA, P. A. A. et al. Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminium. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Springer Netherlands, v. 28, n. 5, p. 1947-1959, 2012.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.38, n. 1, p.7-16, 2007.

FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, R. H.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT, 2010, p.21-41.

FIGUEIREDO, V. B. et al. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 231-240, 2009.

FOLIN, O.; CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. **Journal of Biological Chemistry**, Biochemical Laboratory of Harvard Medical School, Boston, v.73, n. 2, p. 627– 650, 1927.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-Caupi no Brasil Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte Teresina, PI, 2011, p. 84.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Feijão-caupi: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**, 2011, p. 81.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio Norte, 2005. p. 29-92.

FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi. In: ARAUJO, J. P. P. de; WATT, E.E. (Org.) **O caupi no Brasil**. Brasília, ITA/EMBRAPA, p. 194-222, 1988.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBELRO, V.Q.; BANDEIRA, L. M. R. **Cultivares de feijão-caupi recomendadas para o plantio nas regiões Norte e Nordeste: ano agrícola 1996/97**.

Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. 26p.

FREIRE-FILHO et al. **BRS Tumucumaque: Cultivar de feijão-caupi com ampla adaptação e rica em ferro e zinco**. Teresina: EMBRAPA: Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte, 2009.

FREITAS, A. D. S. et al. Biological nitrogen fixation in legume trees of the Brazilian caatinga. **Journal of Arid Environments**, Elsevier, v. 74, n. 3, p. 344-349, 2010.

FREITAS, A. D. S. et al. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira Zootecnia**, Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. 9, p. 1856-1861, 2011.

GHEYI, R. H.; DIAS, S. N.; LACERDA, F. C. dos (ed). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, 2010. p. 43-59.

GHUNMI, L. A. et al. Grey water treatment in a series anaerobic - aerobic system for irrigation. **Bioresour. Technology**, Elsevier, v. 41, n. 1, p. 50- 20, 2009.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Medicinal plants: factors of influence on the content of secondary metabolites. **Química Nova**, Departamento de Física e Química, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, vol.30, n. 2, p.374-381, 2007.

GONÇALVES I. S. et al. Características fisiológicas e componentes de produção de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, v. 2, n. 3, p. 320- 329, 2017.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e Vitamina C**. São Paulo. 2008. Tese (Mestrado em ciência dos alimentos) – Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, A. A. et al. Genetic and Symbiotic Diversity of Nitrogen-Fixing Bacteria Isolated from Agricultural Soils in the Western Amazon by Using Cowpea as the Trap Plant. **Applied and Environmental Microbiology**, American Society for Microbiology, v. 78, n. 18, p. 6726–6733, 2012.

HAJIBOLAND, R. Reactive oxygen species and photosynthesis. In: Oxidative Damage to Plants, Antioxidant Networks and Signaling. (ed.) AHMAD, P. **Academic Press**, 2014, cap. 1, p. 1-63.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruits pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, American Chemical Society, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HEMEDA, H. M.; KELIN, B. P. Effects of Naturally Occurring Antioxidants on Peroxidase Activity of Vegetable Extracts. **Journal of Food Science**, Institute of Food Technologists, v. 55, n. 1, p. 184-185, 1990.

HOLANDA, J. P.; AMORIM, J.R.A. Qualidade de água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p. 137-169.

KOLATTUKUDY, P.E. et al. Plant peroxidase gene expression and function. **Biochemical Society Transactions**, Biochemical Society and Portland Press Strategy, v. 20, n. 2, p. 333–337, 1992.

KYEI-BOAHEN, S.; SLINKARD, A. E.; WALLEY, F. L. Evaluation of rhizobial inoculation methods for chickpea. **Agronomy Journal**, American Society of Agronomy, v. 94, n. 4, p. 851-859, 2002.

LIMA, C. J. G. S. et al. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, Mossoró – RN. v. 2, N. 2, p. 79–86, 2007.

LISAR, S. Y. S. et al. **Water stress in plants: causes, effects and responses**. **Web of Science**, INTECH, p. 1-14, 2012.

LOCATELLI, V. E. R. et al. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 6, p.574-580, 2014.

LOCATELLI, V. E. R.; Desenvolvimento vegetativo de cultivares de feijão-caupi sob lâminas de irrigação no cerrado Roraimense. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes

Culturas, p. 28-39, 2016.

MAFRA, R. C. Contribuição ao estudo do “feijão macassar”: fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In: **Curso de treinamento para pesquisadores de feijão-caupi**, 1, 1979, Goiânia. Assuntos abordados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/IITA, 1979, p. 01-39.

MAIA, J. M. et al. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botanica Brasilica**, Sociedade Botânica do Brasil, v. 2, n. 26, p. 342-349, 2012.

MARQUELLI, W. A. et al. Resposta da cultura da batata a diferentes regimes de irrigação. **Revista Latino americana de la Papa**, Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP), v. 1, n. 1, p. 25 -34, 1988.

MEDEIROS, J. F. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da chapada do apodi. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, PB, v. 7, n. 3, p. 46-472, 2003.

MEDEIROS, P. R. F.; et al. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, p.51–55, 2012.

MOKGEHLEET, S.N., DAKORA, F.D., MATHEWS, C. Variation in N<sub>2</sub> fixation and N contribution by 25 groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties grown in different agroecologies, measured using <sup>15</sup>N natural abundance. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Elsevier, v. p. 195, 161-172, 2014.

MOLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. **Oxidative modifications to cellular components in plants**, Annual Review of Plant Biology, Universidade Federal de Pelotas, 2007, v. 58, p. 459-481.

MOREIRA A. V. B, MANCINI-FILHO J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de nutrição**, Campinas, v. 17, n, 4, p. 411-24, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2<sup>a</sup> ed. Lavras,

UFLA, 2006, p. 626.

MOREIRA, F.M.S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus-UFPI, v.1, n. 2, p.74-99, 2010.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras:UFLA. 626p., 2002.

MOSTASSO, L.et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 73, n. 2-3, p. 121-132, 2002.

MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 139-145, 2008.

MUNNÉ-BOSCH, S.; QUEVAL, G; FOYER, C. H. The Impact of Global Change Factors on Redox Signaling Underpinning Stress Tolerance. **Plant Physiology**, American Society of Plant Biologist, v. 161, n. 1, p. 5-19, 2013.

NACZK, M. SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **J Chromatogr A**, Elsevier, v 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NASCIMENTO, I. B.et al. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos – PB, v. 11, n. 1, p. 37-43, 2015.

NASCIMENTO, S. P. D. et al. Tolerance to water déficit of cowpea genotypes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.853-860, 2011.

NEVES, A. C. et al. **Cultivo do feijão-caupi em sistema agrícola familiar**. Teresina: Embrapa: CPAMN, (Embrapa- CPAMN. Circular técnica, 51), 2011, 15p.

OLIVEIRA, A. F. et al. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira Ciência Agrária Recife**, PE, UFRPE, v. 5, n. 4, p. 479- 484, 2010.

OLIVEIRA, F. A. et al. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, UFRPE, v. 6, n. 1, p.37-45, 2011.

OLIVEIRA, F.T. et al. Fontes orgânicas e volume de recipiente no crescimento inicial de porta- enxertos de goiabeira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-RN, v.7, n. 2, p. 97-103, 2013.

PENG, M.; KUC, J. Peroxidase-generated hydrogen peroxide as a source of antifungal activity in vitro and on tobacco leaf disks. **Phytopathology**, American Phytopathological Society, v.82, n. 6, p.696-698, 1992.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improviment of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, (USDA Agricultural Handook, 60), 1954. 160 p.

ROCHA, M. de M. et al. **Avaliação agronômica de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes**. Teresina: Embrapa: CPAMN, (Embrapa- CPAMN. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67), 2006. 16 p.

RUMJANEK, N.G. et al. Fixação biológica do nitrogênio. *In*: Freire Filho, F.R.; Lima, J.A.A.; Ribeiro, V.Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa-Informações Tecnológicas. p. 281-335, 2005.

SÁ, F. V. S. et al. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SANTOS, A. D. et al., **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, p. 628.

SANTOS, B. et al. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Revista Idesia**, Universidad de Tarapacá, Facultad de Ciencias Agronómicas, v.30, n. 2, p.69-74, 2012.

SANTOS, C. A. F. et al. Comportamento agronômico e qualidade culinária de feijão-caupi no

Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 3, p. 404-408, 2008.

SANTOS, C. E. R. S. et al. Palestra 3: Uso de inoculantes na fixação biológica de N<sub>2</sub> e na produtividade de feijão-caupi. In: MOREIRA, F. M. S e KASUYA, M. C. M. **A Fertilidade e biologia do solo Integração e tecnologia para todos**. Sociedade Brasileira De Ciência Do Solo, 2017, v. 2.

SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A.D.S.; VIEIRA, I.M.M.B.; COLAÇO, W. Fixação Simbiótica do N<sub>2</sub> em Leguminosas Tropicais. p. 17-41. In: FIGUEIREDO, M.V.B. et al. **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008, 568 p.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, J. F. et al. Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião Cariri paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 214-222, 2009.

SELLSCHOP, J. P. F. Cowpeas: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field Crop Abstracts**, Slough, v. 15, n. 4, p. 259-266, 1962.

SILVA, A. et al. Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 11, n. 3, p. 745-758, 2016.

SILVA, A. O. et al. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 147-155, 2011.

SILVA, E. F. et al. Avaliação de cultivares de feijão-caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada, PE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2013.

SILVA, E. M. et al. 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**, Mossoró-RN, n. 3, v. 11, p. 01, 2016.

SILVA, J. A. N. et al. Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas

sementes, em cultivo solteiro e consorciado. **Revista Agrarian**, Dourados. v. 9, n. 31, p. 44 - 46, 2016.

SILVA, J. L. A. et al. Evolução da salinidade em solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 7, n. 4, p. 26-31, 2011.

SOUZA, L.Q. et al. How much nitrogen is fixed by biological symbiosis in tropical dry forest? 1. Trees and shrubs. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Springer Netherlands, v. 94, n. 2-3, p. 171-179, 2012.

STONE L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 36, n. 36, p. 473-481, 2001

SULIEMAN, S.; LAM-SON, P.T. (eds.), Legume Nitrogen Fixation in a Changing Environment, Springer International Publishing Switzerland, 2015.

SUTIC, D.D.; SINCLAIR, J.B. **Anatomy and physiology of diseased plants**: Boston: CRC Press, 1991. 232p.

TAGLIAFERRE, C. et al. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 242-248, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, p. 719.

TEMPRANO, F. J. et al. Survival of several Rhizobium/Bradyrhizobium strains on different inoculant formulations and inoculated seeds. **International Microbiology**, Spanish Society for Microbiology, v. 5, n. 2, p. 81-86, 2002.

TUZUN, S. The relationship between pathogen-induced systemic resistance (ISR) and multigenic (horizontal) resistance in plants. **European Journal of Plant Pathology**, European Foundation for Plant Pathology, v.107, n. 1, p.85-93, 2001.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Manejo eficiente de la fertilizacion nitrogenada de cultivos anuales em America Latina y el Caribe. Porto Alegre: Gênese, Embrapa Agrobiologia (CNPAB) 2000, p.110.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 524 p. 1997.

VENTORINO, V. et al. Response to salinity stress of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strains in the presence of different legume host plants. **Annals of Microbiology**, Review Articles, v. 62, n. 2, p.811-823, 2012.

XAVIER, G. R. et al, Agronomic effectiveness of rhizobia strains on cowpea in two consecutive years. **Australian journal of crop science**. Australian Universities and Institutes, v. 11, n.9, p. 1154-1160, 2017.

YANG, P.; ZHANG, P.; LI, B.; HU, T. Effect of nodules on dehydration response in alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Environmental and Experimental Botany**, Elsevier, v. 86, p. 29- 34, 2013.

ZILLI, J. É. Et al. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 739-742, 2011.