



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**MAX FERREIRA DOS SANTOS**

**USO CÍCLICO DE ÁGUA SALINA EM AMENDOIM ASSOCIADO A RIZÓBIO**

**FORTALEZA**

**2020**

MAX FERREIRA DOS SANTOS

USO CÍCLICO DE ÁGUA SALINA EM AMENDOIM ASSOCIADO A RIZÓBIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Biologia do Solo, Adubação e Nutrição de Plantas. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho.

Coorientador: Prof. Dr. Lucas Nunes da Luz

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S236u Santos, Max Ferreirad dos.  
Uso cíclico de água salina em amendoim associado a rizóbio / Max Ferreirad dos Santos. – 2020.  
39 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho.  
Coorientação: Prof. Dr. Lucas Nunes da Luz.
1. Bradyrhizobium. 2. semiárido. 3. nodulação. 4. salinidade. 5. Arachis hypogaea. I. Título.  
CDD 631.4
-

MAX FERREIRA DOS SANTOS

USO CÍCLICO DE ÁGUA SALINA EM AMENDOIM ASSOCIADO A RIZÓBIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Biologia do Solo, Adubação e Nutrição de Plantas. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Aprovada em: 06 / 02 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Lucas Nunes da Luz  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

---

Prof. Dr. Arthur Prudêncio de Araújo Pereira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, em especial os meus pais, irmãos e filho.

Aos Professores Dr. Paulo Furtado Mendes Filho, Dr. Lucas Nunes da Luz, pela excelente orientação e coordenação, respectivamente.

Aos professores participantes da Banca examinadora Dr. Paulo Mendes, Dr. Lucas Luz, Dr. Arthur Pereira e Dr. Geocleber Sousa, pelo tempo pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos amigos e colegas da turma de mestrado, em especial ao Bruno Eduardo, Andreza Melo, Cemila Pansera, João Lemos, Jonathan Nogueira, Henderson Castelo, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

A UNILAB, em especial ao grupo de pesquisa em Fertilizantes e Salinidade (BIO-SAL), sob a coordenação do Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa, pelo acolhimento e ajuda no decorrer da pesquisa.

Ao Laboratório de Fixação Biológica de Nitrogênio (LFBN), em nome da Dra. Anelise Beneduzi da Silveira, pela doação das estipes utilizadas no experimento.

Aos professores, técnicos administrativos, laboratoristas e prestadores de serviços que compõe o Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (PPGCS) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) tem um papel de destaque na economia de muitos países. A cultura, classificada como sendo muito sensível a salinidade, possui a capacidade de se beneficiar da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Fatores abióticos, como a alta concentração de sais na água de irrigação, podem interferir no estabelecimento da fixação biológica de nitrogênio (FBN) prejudicando o desenvolvimento das plantas e dos micro-organismos responsáveis pela FBN. A utilização de água qualidade inferior nos estádios fenológicos de maior tolerância da cultura pode ser uma estratégia viável para beneficiar o desenvolvimento vegetal e dos rizóbios. Com base nos fatos expostos, o objetivo do presente trabalho foi identificar a fase fenológica em que a irrigação salina, introduzida na cultura do amendoim, apresenta menor impacto na FBN e na produção de grãos. Para estimar o impacto da salinidade na cultura foram avaliados parâmetros de crescimento e nodulação, trocas gasosas e acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de amendoim inoculadas e não inoculadas com mix de rizóbios, submetidas a irrigação com água de salina ( $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$ ) em diferentes estádios fenológicos da cultura. Os resultados indicam que a fase fenológica em que o estresse salino foi aplicado interferiu na eficiência da FBN, quanto mais precoce é o estresse, menor é a FBN, a irrigação com água salina aos 46 DAS (na fase de enchimento de grãos) apresentou menor impacto na produção de grãos, independente da inoculação com estirpes selecionadas, as estirpes nativas de rizóbio demonstraram ser eficientes na FBN, mesmo sem ter a sua população aumentada (por meio da inoculação com estirpes de referência, como foi feito para as estirpes SEMIA 6144 e 630) elas foram capazes de nodular e realizar FBN evidenciando necessidade de um programa de seleção de estirpes nativas para serem utilizadas como inoculantes autóctones.

**Palavras-chave:** *Bradyrhizobium*. semiárido. nodulação. salinidade. *Arachis hypogaea*.

## ABSTRACT

Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) have a prominent role in the economy of many countries. The crop, classified as very sensitive to salinity, has the ability to benefit from symbiosis with nitrogen-fixing bacteria, reducing the use of synthetic nitrogen fertilizers. Abiotic factors, such as the high concentration of salts in irrigation water, can interfere with the establishment of biological nitrogen fixation (BNF), impairing the development of plants and microorganisms responsible for BNF. The use of inferior quality water in the phenological stages of greater culture tolerance can be a viable strategy to benefit the development of the plant and the rhizobia. Based on the exposed facts, the objective of the present work was to identify the phenological phase in which irrigation with saline, introduced in the peanut culture, has less impact on the production of FBN and grains. To estimate the impact of salinity on the crop, growth and nodulation parameters, gas exchange and nutrient accumulation in the aerial part of peanut plants inoculated and not inoculated with a mixture of rhizobia, subjected to irrigation with saline water (5.0 dS.m<sup>-1</sup>) at different phenological stages of the culture. The results indicate that the phenological phase in which the salt stress was applied interfered in the efficiency of the FBN, the earlier the stress, the lower the FBN, irrigation with saline water at 46 DAS (in the grain filling phase) had less impact Na grain production, regardless of inoculation with selected strains, native rhizobial strains proved to be efficient in FBN, even without increasing their population (through inoculation with reference strains, as was done for SEMIA 6144 and 630 strains), they were able to nodulate and carry out FBN, showing the need for a program for the selection of native strains to be used as native inoculants.

**Keywords:** *Bradyrhizobium*. semiarid. nodulation. salinity. *Arachis hypogaea*.

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
2	<b>HIPÓTESE</b> .....	9
3	<b>OBJETIVOS</b> .....	9
3.1	Objetivo geral.....	9
3.2	Objetivos específicos.....	9
4	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	9
4.1	A cultura do amendoim .....	9
4.2	Rizóbio e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) .....	12
4.3	Efeitos da salinidade nas plantas.....	14
5	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
5.1	Área experimental.....	16
5.2	Condução do experimento.....	16
5.3	Variáveis analisadas .....	18
5.3.1	<i>Trocas gasosas</i> .....	18
5.3.2	<i>Crescimento vegetativo e nodulação</i> .....	18
5.3.3	<i>Teores de elementos minerais</i> .....	19
5.3.4	<i>Delineamento experimental</i> .....	19
5.3.5	<i>Análise estatística</i> .....	20
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
6.1	Acúmulo de nutrientes na parte aérea .....	21
6.2	Crescimento e nodulação.....	24
6.3	Trocas gasosas.....	27
6.4	pH e condutividade elétrica do solo .....	31
7	<b>CONCLUSÕES</b> .....	33
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34

## 1 INTRODUÇÃO

O amendoim é uma das principais oleaginosas produzidas em larga escala mundial. Esta cultura possui grande relevância no mercado de grãos. Estima-se que na safra de 2017/18, o Brasil produziu cerca de 499,4 mil toneladas do grão em uma área de 145 mil ha, sendo São Paulo e Minas Gerais os principais produtores nacionais. O estado de São Paulo foi responsável por mais de 91% da produção. Na região Nordeste a área cultivada na safra 17/18 foi de 3,3 mil ha e a produção foi de 3,6 mil toneladas, sendo os estados de Sergipe, Bahia, Ceará e Paraíba os maiores produtores (CONAB, 2018).

Dentre os principais fatores que respondem pela produtividade nas lavouras de amendoim, a fertilização do solo recebe destaque, pois é uma prática essencial para obtenção de altas produções.

Essa cultura possui a capacidade de se beneficiar da simbiose estabelecida entre a planta e bactérias fixadoras de nitrogênio, associação que pode ocorrer naturalmente no solo. Essas bactérias são capazes de reduzir o nitrogênio atmosférico a uma forma absorvível pelas plantas, dispensando ou reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos. (BODDEY *et al.*, 1990; OGEGA *et al.*, 2012; EL-AKHAL *et al.*, 2013).

O nitrogênio (N) está envolvido em diversos processos biológicos nas plantas, sua deficiência acarreta redução da área foliar, com conseqüente redução na assimilação fotossintética e no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas, fatores que impactam negativamente a produtividade da cultura. A demanda de nitrogênio pode ser suprida de forma natural e com baixo custo, por meio de aplicação de inoculantes a base de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Contudo, fatores abióticos como a salinidade podem acarretar desbalanço nutricional na planta, como por exemplo concentrações elevadas de NaCl aumentando a degradação de clorofilas via atividade clorofilase e reduzindo a sua síntese, em virtude da competição por nitrogênio com outros compostos, como prolina (DE LA ROSA-IBARRA, MAITI, 1995).

A utilização de água salina para a irrigação, dentro de níveis de salinidade suportados tanto pela cultura do amendoim quanto pelas bactérias diazotróficas, a fim de não inviabilizar o desenvolvimento vegetal e a fixação biológica de nitrogênio (FBN), é uma estratégia importante, principalmente para os estados da região Nordeste com clima semiárido onde a água, tanto superficial quanto subterrânea, geralmente apresenta níveis elevados de

sais dissolvidos.

Levantou-se a hipótese de que o iniciar a irrigação salina na fase de enchimento de grãos é menos prejudicial para desenvolvimento de plantas de amendoim inoculadas com rizóbio. Para tanto o presente projeto tem como objetivo identificar se a fase fenológica em que a irrigação salina é introduzida na cultura do amendoim, exercendo influência na eficiência de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* associadas.

## **2 HIPÓTESE**

Iniciar a irrigação com água salina na fase de enchimento de grãos é menos prejudicial para o desenvolvimento de plantas de amendoim inoculadas com rizóbio.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

Identificar a fase fenológica em que a água salina, introduzida na cultura do amendoim, exerce influência positiva na eficiência de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

### **3.2 Objetivos específicos**

Identificar se as plantas de amendoim associadas à rizóbios apresentam variação na resistência a salinidade de acordo com o estágio fenológico em que o estresse é salino aplicado.

Avaliar, por intermédio dos teores de elementos minerais presentes na parte aérea, trocas gasosas e parâmetros de crescimento, qual é o estágio fenológico em que o amendoim associado a rizóbio é menos afetado pela salinidade.

## **4 REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 A cultura do amendoim**

O amendoim (*Arachis hypogea* L.) tem sua origem na América do Sul. A espécie vegetal integra o gênero *Arachis*, possuindo mais de 80 espécies. A cultura foi difundida pelos indígenas em diversas regiões da América Latina, Central e México. O Brasil é o local com o maior número de espécies, totalizando 63, das quais 46 são exclusivas do país (FREITAS *et al.*, 2003).

É uma planta dicotiledônea de porte herbáceo com crescimento anual e ciclo indeterminado, pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Papilionoidea* (GREGORY *et al.*,

1980). Esta espécie é subdividida em duas subespécies: *A. hypogaea* L. subespécie *hypogaea*, cujos genótipos pertencem ao grupo Virgínia e *A. hypogaea* L., e subespécie *fastigiata*, com os genótipos pertencentes aos grupos Valência e Spanish (JUDD *et al.*, 1999). Segundo Holanda *et al.* (2016) essa espécie vegetal é moderadamente sensível à salinidade, possuindo salinidade limiar de 3,2 dS.m<sup>-1</sup> no extrato de saturação do solo.

O grupo tipo Virgínia é pertencente à subespécie *hypogaea*, caracterizada pelo hábito de crescimento rasteiro, semi-rasteiro e arbustivo, possui ciclo longo variando de 120 a 140 dias, ausência de flores na haste principal e vagens com duas sementes. Os grupos tipo Valência e Spanish pertencem às subespécies *fastigiata*. Ambas possuem hábito de crescimento ereto ou semi-ereto, ciclo curto (90 a 100 dias) e haste principal com flores. As vagens do grupo Spanish possuem duas sementes de tamanho pequeno a médio, enquanto as pertencentes ao grupo Valência contêm entre duas e quatro sementes por vagem (GODOY *et al.*, 2005).

No aspecto fenológico, as fases de crescimento e desenvolvimento nos genótipos do tipo Virgínia são particularmente definidas, podendo variar a depender do local e das condições climáticas, principalmente da temperatura onde são cultivados. Os genótipos do grupo Virgínia começam a florescer entre 35 a 40 dias após a emergência (DAE) e o final do ciclo ocorre entre 120 a 140 DAE (SANTOS *et al.*, 1997).

O sistema radicular é composto por uma raiz pivotante com raízes laterais (KRANS *et al.*, 1980). A parte aérea da planta apresenta uma haste principal, de onde são emitidos ramos primários, secundários e terciários. Os ramos primários crescem horizontalmente e se espalham pelo solo, emitindo alternadamente gemas reprodutivas ou ramificações secundárias e terciárias (GODOY *et al.*, 2005).

Seu processo de frutificação é denominado geocarpia (GONÇALVES *et al.*, 2004). Nessa fase ocorre o desenvolvimento de uma estrutura alongada dotada de geotropismo positivo, denominada de ginóforo, que cresce em direção ao solo e penetra-o (SANTOS *et al.*, 2005). O ovário fertilizado, localizado na ponta do esporão (ginóforo), desenvolve-se, sob a superfície do solo, formando a vagem (GODOY *et al.*, 2014).

O número e tamanho das sementes variam entre as cultivares podendo apresentar diversas colorações e tamanho variados. A semente é constituída de película de cor variável. Comercialmente as mais comuns são as que possuem película vermelha, rosa ou castanha

(GODOY *et al.*, 2005).

O amendoim é consumido principalmente em grãos, sejam eles torrados ou cozidos. Seus subprodutos também são amplamente utilizados, com destaque para a farinha, o óleo e o farelo, ambos fonte de proteína (RAMOS; BARROS, 2014).

De acordo com levantamentos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (anos de 2015, 2016, 2017, 2018) as últimas safras de amendoim no Brasil apresentaram crescimento na área plantada, produção e produtividade a nível nacional, como pode ser visto comparando-se os dados das safras 2014/15 com os de 2017/18. A área plantada cresceu 29,4 mil hectares, passando de 108,9 (14/15) para 138,3 mil hectares (17/18) cultivados no Brasil. Já a produção aumentou em 164,3 mil toneladas, estendendo-se de 346,8 (14/15) para 511,1 mil toneladas (17/18). A produtividade aumentou 513 Kg.ha<sup>-1</sup>, passando de 3.183 (14/15) para 3.696 Kg.ha<sup>-1</sup>(17/18).

A estimativa mais recente para a safra 2018/19 aponta um aumento na área plantada (145,70 mil ha) e na produção (536,40 mil ton), porém não prevê crescimento na produtividade, estimada em 3.681 Kg.ha<sup>-1</sup>(CONAB, 2018).

Na região Nordeste do país, a cultura do amendoim é largamente cultivada pelos pequenos e médios agricultores enquadrados na agricultura familiar (GRACIANO *et al.*, 2011).

A maioria dos produtores de amendoim da região semiárida do nordeste do Brasil são agricultores familiares, com baixa tecnologia em sistemas agrícolas alimentados pela chuva. Assim, o cultivo do amendoim apresenta importância econômica e social para a região Nordeste, mas sendo ainda necessário o desenvolvimento de tecnologias para a produção agrícola (BARBOSA *et al.*, 2018).

Comparado à estimativa nacional, que se manteve crescente, a região Nordeste apresenta uma queda na produção e produtividade de amendoim, com uma diminuição a partir da safra 2016/17, repetindo-se na safra 2017/18. A área plantada reduziu 1,1 mil hectares, tendo a safra 2016/17, que era de 3,3 mil hectares, caído para 2,2 mil hectares em relação a safra 2017/18. Já a produção reduziu em 1,8 mil toneladas, passando de 4 mil toneladas (2016/17) para 2,2 mil toneladas (2017/18). Quanto à produtividade, a queda foi de 206 Kg.ha<sup>-1</sup>, passando de 1.201 Kg.ha<sup>-1</sup>(2016/17) para 995 Kg.ha<sup>-1</sup>(2017/18).

A estimativa para a safra 2018/19 demonstra que a área plantada deve manter-se (2,2 mil ha), havendo uma queda na produção (2,1 mil ton.) e consequente queda na produtividade (956 Kg.ha<sup>-1</sup>) (CONAB, 2018).

Os genótipos de amendoim cultivados possuem, em sua maioria, possuem ciclo curto (em torno de 90 dias) e o hábito de crescimento ereto, fator que facilita a colheita) (GODOY *et al.*, 2005). Os genótipos de porte ereto e ciclo curto são os mais indicados para a região Nordeste do País, pois são mais adaptadas as condições climáticas locais e de tratos culturais.

O acesso UNILAB 130 compõe o banco de germoplasma da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), é proveniente de pesquisas desenvolvidas para obtenção de genótipos adaptados as condições edafoclimáticas do Maciço de Baturité. O acesso demonstrou possuir tolerância a salinidade em ensaios anteriores.

O amendoim possui a capacidade de se associar eficientemente a diferentes estirpes de rizóbios (MELO *et al.* 2016), apresentando maior eficiência para o gênero *Bradyrhizobium* (VALETTI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017). Nos últimos anos, alguns estudos foram realizados no Brasil com o objetivo de avaliar a biodiversidade (TORRES-JÚNIOR *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2017), a eficiência simbiótica (TORRES-JÚNIOR *et al.*, 2014 , SANTOS *et al.*, 2017) e a eficiência agrônômica de novas estirpes de rizóbio (SIZENANDO *et al.*, 2016). No entanto, o comportamento dessas bactérias frente a estresses abióticos como o salino, por exemplo, não foi investigado nesses estudos.

#### **4.2 Rizóbio e a fixação biológica de nitrogênio (FBN)**

A FBN é um processo realizado por bactérias que são capazes de converter o nitrogênio da atmosfera em amônia (EPSTEIN, BLOOM, 2006).

O processo é mediado por bactérias diazotróficas, caracterizadas pela presença do complexo enzimático denominado de *nitrogenase*, que é capaz de efetuar a quebra da tripla ligação da molécula de N<sub>2</sub>. Esses micro-organismos podem ocorrer de forma livre no solo ou ainda em associações simbióticas com determinadas espécies vegetais, com destaque para as leguminosas como amendoim, soja e feijão (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006).

O complexo enzimático *nitrogenase* é composto pelas proteínas dinitrogenase e dinitrogenase redutase, ambas contendo Fe em sua estrutura, e a dinitrogenase contendo Mo,

que catalisa a redução do nitrogênio atmosférico em amônia (ACUÑA, PUCCI, PUCCI, 2010; VENIERAKI *et al.*, 2011).

As bactérias nodulantes de leguminosas pertencem a três classes bacterianas distintas:  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ -proteobacteria. A classe das  $\alpha$ -proteobacteria é considerada a maior, sendo composta por seis famílias, incluindo *Rhizobiaceae*, *Phylobactericiae*, *Bradyrhizobiaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Methylobacteriaceae* e *Brucellaceae*. A segunda classe composta pelas  $\beta$ -proteobactérias, atualmente contém uma família, a *Burkholderiaceae*. As sete famílias juntas possuem um total de 18 gêneros com 238 espécies descritas, dentre os quais o gênero *Rhizobium* (pertencente a família *Rhizobiaceae*) destaca-se como o que possui maior número de espécies, tendo cerca de 98 identificadas (SHAMSELDIN; ABDELKHALEK; SADOWSKY, 2017).

Lopez e Boronat (2016) descrevem o processo de FBN indicando que a ativação microbiológica do N<sub>2</sub> atmosférico gera amoníaco, que ioniza o cátion de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), via hidrólise de ATP e transferência de potência redutora acoplada a uma cadeia de transporte eletrônico. As bactérias que fixam o N atmosférico em amônio, biologicamente utilizável, são chamadas de diazotróficas. Entre os organismos diazotróficos, existe uma ampla gama de archaeas e bactérias que colonizam diferentes espécies de plantas em uma ampla variedade de ecossistemas (VENIERAKI *et al.*, 2011). A simbiose entre as bactérias do gênero *Rhizobium* e as leguminosas é considerada a maneira mais eficiente de fixar o N atmosférico, tornando-o disponível para as plantas (PAZOS *et al.*, 2000).

A partir do estabelecimento da simbiose entre rizóbio e leguminosa formam-se os nódulos radiculares ou caulinares, que são colonizados por organismos específicos como as bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, dentre outros que fixam o nitrogênio atmosférico. Nessa relação, o micro-organismo utiliza as fontes de carbono fornecidas pelas plantas e libera o N fixado para a planta (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006).

Os nódulos são responsáveis, entre outras atividades, por proteger o complexo enzimático *nitrogenase* contra a ação deletéria do oxigênio, tendo em vista que as duas proteínas que a compõem (Fe proteína e Fe-Mo proteína) são desnaturadas na sua presença. Para que os micro-organismos que habitam os nódulos não tenham seu metabolismo aeróbio danificado, os nódulos contêm uma heme proteína, a leghemoglobina, que tem a função de controlar a entrada do oxigênio em níveis que não interfiram na ação da *nitrogenase* e assim

ser utilizado no metabolismo aeróbio das bactérias (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006). O oxigênio adsorvido à leghemoglobina, ocasiona uma coloração avermelhada no interior do nódulo, sendo um indicativo atividade do nódulo (RIBEIRO JÚNIOR, RAMOS, 2006).

Para que a nodulação ocorra é necessário que o hospedeiro seja suscetível e compatível com a espécie de rizóbio que, por sua vez deve ter a capacidade de se reproduzir e sobreviver nas raízes. Caso a liberação de exsudados pela planta hospedeira não seja compatível as necessidades do rizóbio, o processo de FBN pode não ser estabelecido (KERBAUY, 2004).

Cunha *et al.*, (2013) informam que o amendoim é considerado uma planta de baixa seletividade, capaz de nodular com uma ampla diversidade de rizóbios. Para essa cultura o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) recomenda apenas um isolado, SEMIA 6144, de *Bradyrhizobium* sp., isolado e avaliada pelo Instituto Agronômico de Campinas (MAPA, 2011).

#### **4.3 Efeitos da salinidade nas plantas**

O processo de acúmulo de sais no solo é predominante em áreas de baixadas para onde a água, contendo sais, escoar e se acumula. Contudo a salinização não está relacionada apenas com o carreamento de sais do solo de uma área com maior elevação para uma de menor elevação, condições de baixa permeabilidade do solo e lençóis freáticos altos que impedem a lavagem dos sais em profundidade favorecem a salinização. O clima também exerce influência no processo e, em regiões de clima árido e semiárido, a elevada taxa de evapotranspiração favorece a ascensão capilar dos sais contidos em camadas profundas do solo para a camada superficial, acarretando acúmulo de sais no solo. Apesar de ser um processo de ocorrência natural, a salinização pode ter origem antrópica, principalmente em áreas irrigadas (USSL STAFF, 1954; DE ANDRADE, 2009).

Os solos afetados por sais ocupam uma área de aproximadamente 9,1 milhões de hectares na região nordeste do Brasil. (MEDEIROS *et al.*, 2003). Nessa região o processo de salinização dos solos ocorre de forma mais comum pois é favorecido por condições climáticas de baixas precipitações e elevada evapotranspiração que dificultam a lavagem dos sais, promovendo seu acúmulo em quantidades prejudiciais ao desenvolvimento de diversas espécies vegetais (SILVA *et al.*, 2004). Além das condições climáticas adversas, a água utilizada para irrigação apresenta alto teor de sais dissolvidos (MEDEIROS *et al.*, 2003).

Em regiões com má distribuição espacial e temporal de chuvas, como no semiárido brasileiro, a escassez dos recursos hídricos tem levado os produtores a fazer uso de água proveniente de poços, que na maioria das vezes apresentam elevadas concentrações de sais, causando perdas na produção (SANTOS; BRITO, 2016).

A salinidade é considerada como um estresse ambiental severo que é capaz de afetar as funções metabólicas das plantas, acarretando consequências como sintomas de toxidez, seca fisiológica, redução da capacidade produtiva, dentre outros. A sobrevivência das plantas ao estresse salino depende de diversos fatores como, por exemplo, origem do material genético (se apresenta ou não tolerância), a intensidade e o tempo de exposição ao estresse. Os componentes osmótico e iônico são as forças responsáveis pelo estresse salino em plantas. A elevada concentração de solutos na solução do solo reduz o potencial osmótico provocando déficit hídrico e consequente redução de absorção de água pelas plantas (DIAS *et al.*, 2016).

A disponibilidade de nutrientes para as plantas também é afetada pelo excesso de sais, dentre as desordens observadas em plantas cultivadas em solos salinos estão a limitação do desenvolvimento radicular e a redução da disponibilidade de nutrientes. Contudo a absorção de nutrientes pelas plantas varia tanto entre a espécie ou o genótipo avaliado, fator provavelmente relacionado a tolerância à salinidade que cada espécie vegetal é capaz de expressar (DIAS, BLANCO, 2010).

A limitação do desenvolvimento radicular, devido ao excesso de sais, pode levar a um desbalanceamento nutricional e afetar processos fisiológicos relevantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (WILLADINO, CAMARA, 2010). Outra possível razão é a redução da absorção de água pelas raízes devido a diminuição do potencial da água no solo cultivado (TIGABU *et al.*, 2013).

Há relatos na literatura que a salinidade também é prejudicial a nodulação reduzindo a FBN. Alguns autores expõem ter observados variações na tolerância entre diferentes estirpes, sendo umas mais tolerantes que outras a crescentes concentrações de NaCl (RAI, 1983; RAI *et al.*, 1985). Ahmad *et al.* (1981) consideram ainda que os efeitos da salinidade sobre os rizóbios também dependem da tolerância a salinidade exibida pela planta.

O tempo de exposição ao estresse também pode interferir no estabelecimento dos nódulos. Se o estresse salino for de curta duração há predomínio do efeito osmótico na redução da eficiência dos rizóbios, com redução do potencial hídrico e restrição da absorção de

água. Se o estresse for de longa duração, o acúmulo de íons pode provocar toxidez e induzir a distúrbios metabólicos e nutricionais nos rizóbios (MUNNS, 2002).

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Área experimental**

O experimento foi conduzido durante os meses de agosto a novembro de 2019 nas dependências do Campus das Auroras, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira, localizada na cidade de Redenção, estado do Ceará, sob condições de telado de 50%.

O clima local é classificado como Aw de acordo com a classificação proposta por Köppen (1931). A temperatura média anual no município varia de 26 a 28 °C e a pluviosidade média anual é de 1.062 mm, com chuvas predominantes do nos meses de janeiro a abril (IPECE, 2017).

### **5.2 Condução do experimento**

O cultivo foi conduzido, do dia 20 de agosto de a 11 de novembro de 2019, em vasos com capacidade de 8L contendo 12 kg de solo em cada. Foram plantadas quatro sementes por vaso. Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste deixando duas plantas por vaso. O turno de rega com água salina foi iniciado após o desbaste (10 DAS) e finalizado aos 90 DAS.

Utilizou-se como substrato a camada superficial (0-20 cm) de um Argissolo eutrófico com textura areia franca, proveniente do Campus das Auroras. A amostragem foi realizada via coleta com trado holandês de 20 amostras simples, utilizadas para compor uma amostra composta na profundidade de 0-20 cm, a análise dos atributos químicos do solo consta na tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos físico-químicos do solo utilizado na pesquisa.

Atributos Químicos											
MO	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	CEes	pH
g kg <sup>-1</sup>			cmolc kg <sup>-1</sup>					dS m <sup>-1</sup>			
4,03	0,24	0,15	0,10	2,50	0,30	0,57	0,33	3,47	3,78	0,37	7,6
Atributos Físicos											
Areia			Silte			Argila		Densidade			
----- % -----			----- % -----			----- % -----		g cm <sup>-3</sup>			
80			13			7		1,53			

MO – Matéria orgânica; SB – Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>); CTC – Capacidade de troca de cátions – [Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)]; o pH foi medido em extrato aquoso (1: 2,5).

As sementes utilizadas no experimento foram do acesso UNILAB 130 que compõe o banco de germoplasma de amendoim da UNILAB. Os acessos se encontram em situação de cadastro junto ao Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado - SisGen.

A inoculação foi realizada utilizando-se um mix de estirpes rizobianas recomendadas para amendoim (SEMIA 630, lote 0810 e SEMIA 6144, lote 0312). Essas estirpes de *Bradyrhizobium* foram obtidas da coleção SEMIA do Laboratório de Fixação Biológica de Nitrogênio (LFBN - Setor de Microbiologia Agrícola (Coleção SEMIA de Rizóbios) do Laboratório de Microbiologia Agrícola da DDP/SEAPI, Porto Alegre/RS, Brasil), doados pela representante legal da coleção, Dra. Anelise Beneduzi da Silveira. As estirpes foram estocadas em meio de cultura à base de manitol, extrato de levedura e ágar (YMA).

A reativação das estirpes foi realizada segundo método descrito pela Embrapa (1994) sendo feita, posteriormente, sua multiplicação em Erlenmeyer de 125 ml, com 50 ml de meio YM líquido, incubados em agitador rotatório a 150 rpm e temperatura de 28 °C e veiculadas em turfa. A inoculação foi realizada nas sementes de amendoim utilizando o mix de rizóbios em meio turfoso e solução aquosa de goma arábica a 20% como adesivo.

Após o desbaste das plântulas foi realizada ainda uma inoculação de reforço com meio de cultura líquido contendo o mix de rizóbios, na proporção de 2 ml de caldo no colo de cada plântula.

Foi realizada adubação mineral com fósforo (P) e potássio (K). Adotou-se a adubação mineral plena (para os elementos P e K), recomendada para o amendoim, fornecida

por Fernandes (1993), correspondente a 62,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Como referência, para um stand de 15.000 plantas a dosagem máxima por planta no ciclo seria de 4,2g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,3 g de K<sub>2</sub>O. A adubação foi fracionada em quatro aplicações realizadas semanalmente durante o primeiro mês de condução do experimento. Foram aplicados um total de 300g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (4,2g \* 2 plantas por vaso \* 40 vasos) e 264 g de K<sub>2</sub>O (3,3g \*2\*40).

Para preparar a água salina foram utilizados os sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992). As plantas receberam 300mL de água diariamente durante a fase vegetativa (50 DAS) e 500 mL durante a fase reprodutiva (de 50 até 90 DAS).

### **5.3 Variáveis analisadas**

#### **5.3.1 Trocas gasosas**

Medidas de trocas gasosas foram realizadas por meio de um analisador portátil de trocas gasosas foliares baseado no sistema IRGA (Infra Red Gas Analyser , LI-6400, LI-COR, USA) para medir as taxas de fotossíntese líquida (A,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), transpiração (E,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e a eficiência do uso da água (E/A,  $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$ ). Foi realizada também a determinação do índice SPAD por meio de um clorofilômetro. Devido a condições climáticas (presença de nebulosidade) optou-se por realizar as determinações apenas em três das quatro unidades experimentais que compunham os tratamentos a fim de otimizar o tempo com condições climáticas favoráveis a obtenção das leituras.

As medidas foram feitas aos 55 dias após a semeadura (DAS) em folhas completamente expandidas, situadas no terço médio das plantas no período da manhã, entre as 09:00 e 11:00 horas.

#### **5.3.2 Crescimento vegetativo e nodulação**

O desenvolvimento vegetal foi avaliado 45 dias após a semeadura (DAS) por meio dos parâmetros, altura das plantas (AP) (cm) medida com régua graduada a partir da base até o ápice da haste principal, área foliar (AF) estimada pela equação ( $0,7111 \times C \times L$ ) proposta por Cardozo *et al.*, (2014) a qual estima a área foliar do amendoim como sendo 71,11% do produto entre o comprimento e a largura máxima do limbo foliar, sendo utilizada para a obtenção das medidas uma régua graduada para medir o comprimento e a largura da terceira folha (contada do ápice para a base da planta), e finalmente o diâmetro do caule (DC)

medido com paquímetro digital e o número de folhas por contagem de folhas completamente expandidas.

Aos 90 DAS foi colhida uma planta de cada vaso e determinadas as variáveis número de vagens (NV) e número de nódulos (NN). Os nódulos e a parte aérea das plantas foram acondicionadas em estufa de circulação de ar forçado e mantidas a 65°C até atingirem massa constante (72 h) para obtenção dos parâmetros massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa da matéria seca dos nódulos (MSN), sendo utilizada para as determinações uma balança analítica.

### **5.3.3 Teores de elementos minerais**

O material vegetal da parte aérea foi triturado em moinho para as determinações de macronutrientes contidos na parte aérea das plantas. O Nitrogênio ( $N_{total}$ ) foi obtido pelo procedimento de digestão via úmida, seguida por destilação a vapor e titulação para a quantificação do  $NH_4$  pelo método Semi-micro Kjeldahl (MIYAZAWA *et al.*, 2009).

Os demais macronutrientes (P, K, Mg, Ca), juntamente ao sódio (Na) que é considerado elemento benéfico, foram determinados por digestão seca em mufla e utilizada uma solução de  $HNO_3$  1% como extrator. Uma amostra de 500mg de tecido vegetal foi incinerada em mufla elétrica a uma temperatura entre 500 e 550°C. A cinza resultante foi dissolvida em solução de ácido nítrico. O extrato resultante foi utilizado para determinação de P, K, Mg, Ca e Na (MOLLER *et al.*, 1997). As leituras de K e Na foram feitas em fotometria de chama, o P em espectrofotometria com azul-de-molibidênio e o Mg e o Ca por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA *et al.*, 2009).

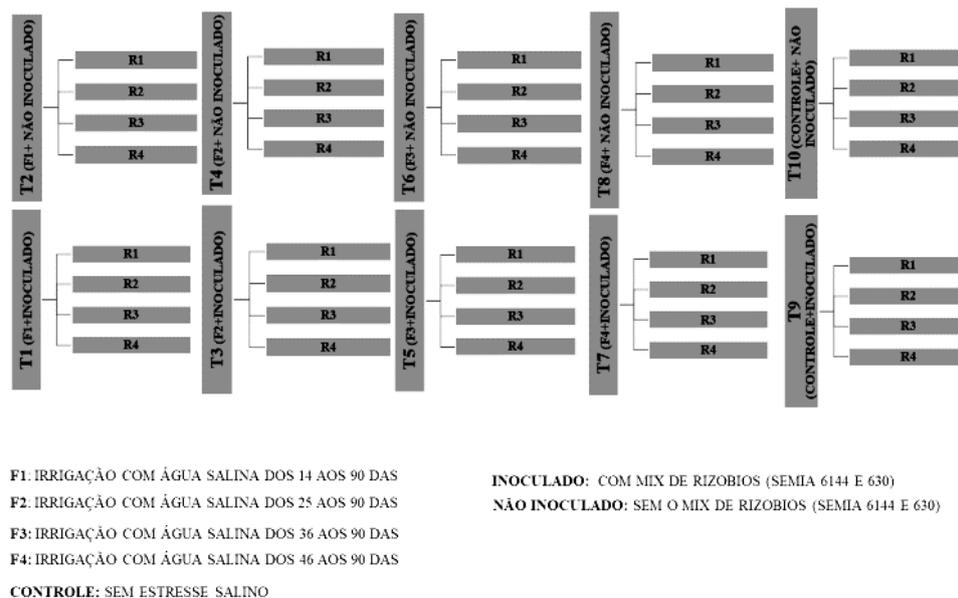
Durante a colheita das plantas foi realizada também a coleta de 40 amostras simples de solo proveniente dos vasos, seco a sombra e passado por uma peneira de abertura de malha de 2mm, transformando-o em terra fina seca ao ar (TFSA). A TFSA foi utilizada para determinar o valor de pH em água e a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CLAESSEN, 1997).

### **5.3.4 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente aleatorizado (DIA) seguindo o arranjo fatorial 5x2 com quatro repetições (figura 1). Sendo o fator 1 composto por 5 fases fenológicas (contando com o controle). A fase 1 é composta por plantas que

receberam água salina aos 14 dias (na fase de emissão dos primeiros ramos) perdurando até o final do ciclo (90 DAS), a fase dois é composta por plantas que receberam água salina aos 25 dias (fase de floração) perdurando até o final do ciclo (90 DAS), a fase três é composta por plantas que receberam água salina aos 36 dias (fase de aparecimento dos ginóforos) perdurando até o final do ciclo (90 DAS), a fase quatro é composta por plantas que receberam água salina aos 46 dias (fase de formação das vagens) perdurando até o final do ciclo (90 DAS) e a fase cinco é o controle, composto por plantas que não sofreram estresse salino. O fator 2 é composto plantas inoculadas com um mix de rizóbio e plantas não inoculadas. O experimento possui um total de 10 tratamentos com 40 unidades experimentais. O estresse foi aplicado via irrigação com água salina de condutividade elétrica de 5 dS.m<sup>-1</sup>.

**Figura 1.** Croqui do arranjo experimental.



### 5.3.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a teste de variância e, constatado normalidade na distribuição dos dados, as médias foram submetidas ao teste de Tukey ( $p \leq 0,01$ ) no programa estatístico ASSISTAT 7.7 BETA. Os resultados que apresentaram diferença estatística foram expressos em gráficos no programa Excel®.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Acúmulo de nutrientes na parte aérea

O resumo da análise da variância dos dados de acúmulo de nutrientes na parte aérea está expresso na tabela 2 e demonstram que houve diferença significativa entre a interação (fase fenológica e inoculação) a  $p \leq 0,05$  para os elementos nitrogênio (N) e potássio (K). O magnésio (Mg) apresentou diferença significativa a  $p \leq 0,01$  para os fatores isolados de fase fenológica e inoculação e o sódio (Na) apresentou, também a  $p \leq 0,01$ , para o fator isolado fase fenológica.

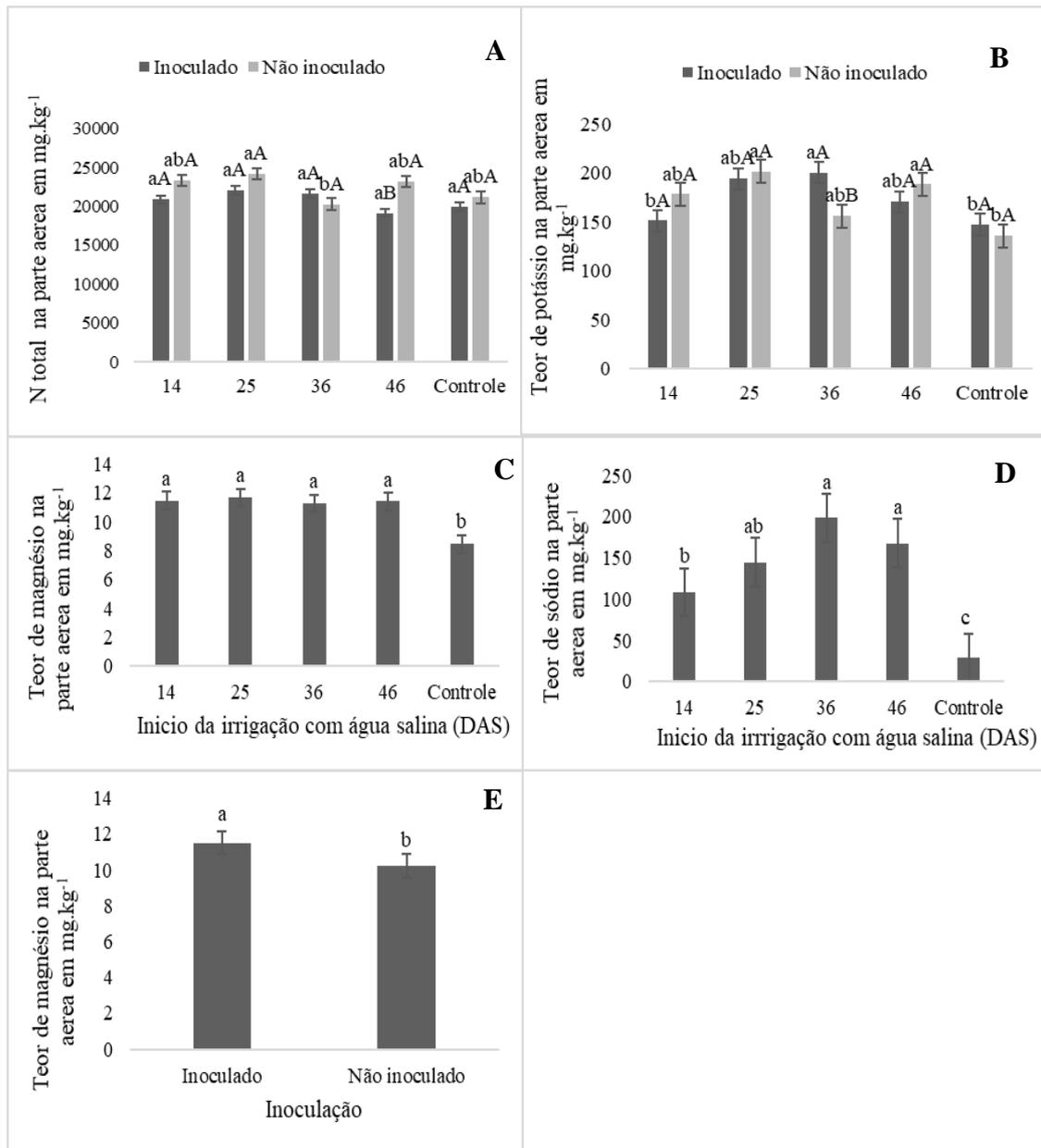
**Tabela 2.** Resumo das análises de variância para os dados acúmulo de nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e sódio (Na) na parte aérea de plantas de amendoim.

FV	GL	Quadrados médios					
		N	P	K	Mg	Ca	Na
mg.kg <sup>-1</sup>							
Fase	4	8728781*	15,86 ns	3478,63**	14,62**	31,23 ns	33994,13**
Inoculação	1	28981658**	9,63 ns	5,01 ns	17,07**	0,36 ns	772,46 ns
Interação	4	7840335*	18,92ns	1597,85*	2,72 ns	34,61 ns	1260,73 ns
T	9	10584235**	16,23 ns	2256,77**	9,61**	29,30 ns	15754,66**
Resíduo	30	2892681	12,55	535,20	1,50	20,93	1605,44
Total	39						
C.V %		7,87	25,83	13,43	1,29	16,40	30,91

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; (ns) não significativo. FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; T = Tratamentos.

As variáveis de acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de amendoim estão representadas nos gráficos contidos na figura 2.

**Figura 2.** Gráficos de acúmulo de nutrientes na parte aérea.



Em cada estratégia de manejo, médias com as mesmas letras minúsculas não indicam diferenças significativas (Tukey;  $p < 0,05$ ); entre a inoculação as mesmas letras maiúsculas, indicam que, não há diferenças (Tukey;  $p < 0,05$ ) entre plantas inoculadas e não inoculadas, respectivamente. **Controle**, irrigação com água de baixa salinidade ao longo de todo o ciclo da cultura; **14**: estresse salino iniciado na fase de emissão dos primeiros ramos (14 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **25**: estresse salino iniciado na fase de floração (25 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **36**: estresse salino iniciado na fase aparecimento do ginóforo (36 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **46**: estresse salino na fase de Formação das vagens (46 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura.

Utilizando como parâmetro os teores de macronutrientes presentes na parte aérea descritos por Silva *et al.*, (2009) como adequados para a cultura do amendoim, para os nutrientes N, K e Mg (nutrientes que apresentaram diferença estatística significativa na parte aérea), observa-se que o N ficou abaixo da média estimada (30-  $\text{g.kg}^{-1}$ ) e que o K e o Mg

apresentaram teores considerados normais, entre a faixa de 17-30 g.kg<sup>-1</sup> e 3-8 g.kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Para o nitrogênio (N) (figura 2A) tanto as plantas inoculadas quanto as não inoculadas tiveram diferença significativa mais marcante aos 46 DAS, onde as plantas não inoculadas apresentaram maior teor de N que as inoculadas. Tal fato está relacionado a produção de grãos.

Melo (2013) e Feitosa et al., (1993) encontraram similaridades, tendo os autores verificado uma variação muito pequena na porcentagem de N total entre plantas inoculadas. Esses autores ainda reportam que o maior acúmulo desse nutriente coincide com a maior produção de matéria seca.

O amendoim é uma planta da família *Fabaceae* que possui ciclo de crescimento indeterminado. Do ponto de vista nutricional, o crescimento indeterminado indica que a fase de crescimento vegetativo interage com a reprodutiva de modo que, os elementos necessários para garantir síntese de aminoácidos e proteína devem estar sendo permanentemente produzidos para gerar energia suficiente para formação e desenvolvimento das vagens. Por possuírem alto valor proteico, seus grãos são fonte de dreno de N, uma vez que este elemento é altamente móvel na planta (MALAVOLTA, 1980) o N presente na parte aérea é direcionado para as vagens.

Pode ser observado ainda no gráfico de acúmulo de N é que as plantas não inoculadas obtiveram resultados semelhantes aos das plantas inoculadas, evidenciando o potencial da microbiota nativa em realizar a FBN e/ou mineralização da matéria orgânica do solo.

Quanto ao elemento magnésio (figura 2C), não houve interação entre os fatores avaliados, contudo houve efeito significativo isolado para a fase fenológica em que a água salina foi introduzida e para inoculação. As plantas do tratamento controle (sem irrigação água salina) apresentaram menor teor no nutriente.

Resultados semelhantes foram observados por Melo (2013), onde o Mg não diferiu estatisticamente entre as plantas que receberam adubação previa. O Mg estava presente na água de irrigação, logo estava em maior disponibilidade para as plantas que receberam irrigação com água salina.

O Mg também esteve presente em maior quantidade nas plantas inoculadas, fato que pode estar atrelado a produção de clorofila, estimada pelo índice SPAD (figura 4D). Vale destacar que o Mg é essencial na fotossíntese, ele participa de processos metabólicos como a formação de adenosina trifosfato (ATP) nos cloroplastos além de ser o átomo central da molécula de clorofila (FAQUIN, 2005).

O sódio (Na) (figura 2D), assim como o Mg, fez parte da constituição da água de irrigação, portanto é esperado que esse elemento seja encontrado em maior quantidade nas plantas que receberam água salina, como de fato ocorreu. Contudo as plantas que receberam água salina aos 36 e 46 DAS apresentaram teores de sódio (Na) superiores. Este fato pode estar associado a uma maior acumulo desses elementos no substrato e ao analisarmos a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE), observamos uma CEes mais elevada no solo desses dois tratamentos (Figura 5C), fator que contribuiu para uma maior disponibilidade do elemento sódio para essas plantas, refletindo em um maior acúmulo desse elemento na parte aérea das plantas.

## **6.2 Crescimento e nodulação**

A tabela 3 expressa os dados de crescimento e nodulação. Houve diferença significativa entre a interação (fase fenológica e inoculação) ( $p \leq 0,05$ ) para os parâmetros de massa de vagens (MV) e número de nódulos (NN). Os parâmetros número de vagens (NV) e massa da matéria seca dos nódulos (MSN) apresentaram diferença para o fator isolado inoculação ( $p \leq 0,05$  e  $\leq 0,01$ ), respectivamente.

Os valores de massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), número de vagens (NV) e massa da matéria seca dos nódulos (MSN) foram significativamente distintos ( $p \leq 0,01$ ), para o fator isolado fase fenológica.

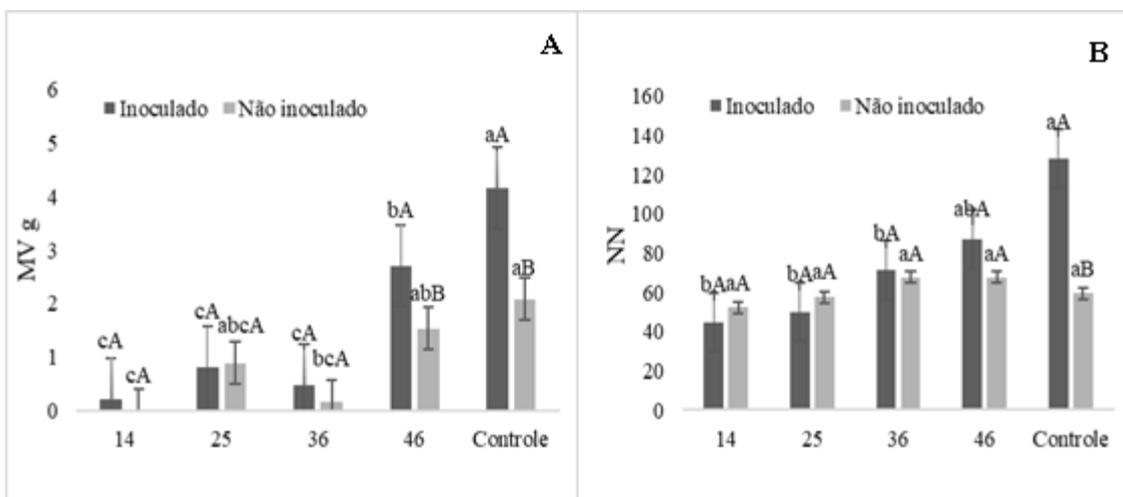
**Tabela 3.** Resumo das análises de variância para os dados de crescimento de Altura de plantas (AP), Diâmetro do caule (DC), Massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), Área foliar (AF), Numero de folhas (NF) Numero de vagens (NV), Massa de vagens (PV), Numero de nódulos (NN) e Massa da matéria seca do nódulo (MSN) de plantas de amendoim aos 45 DAS.

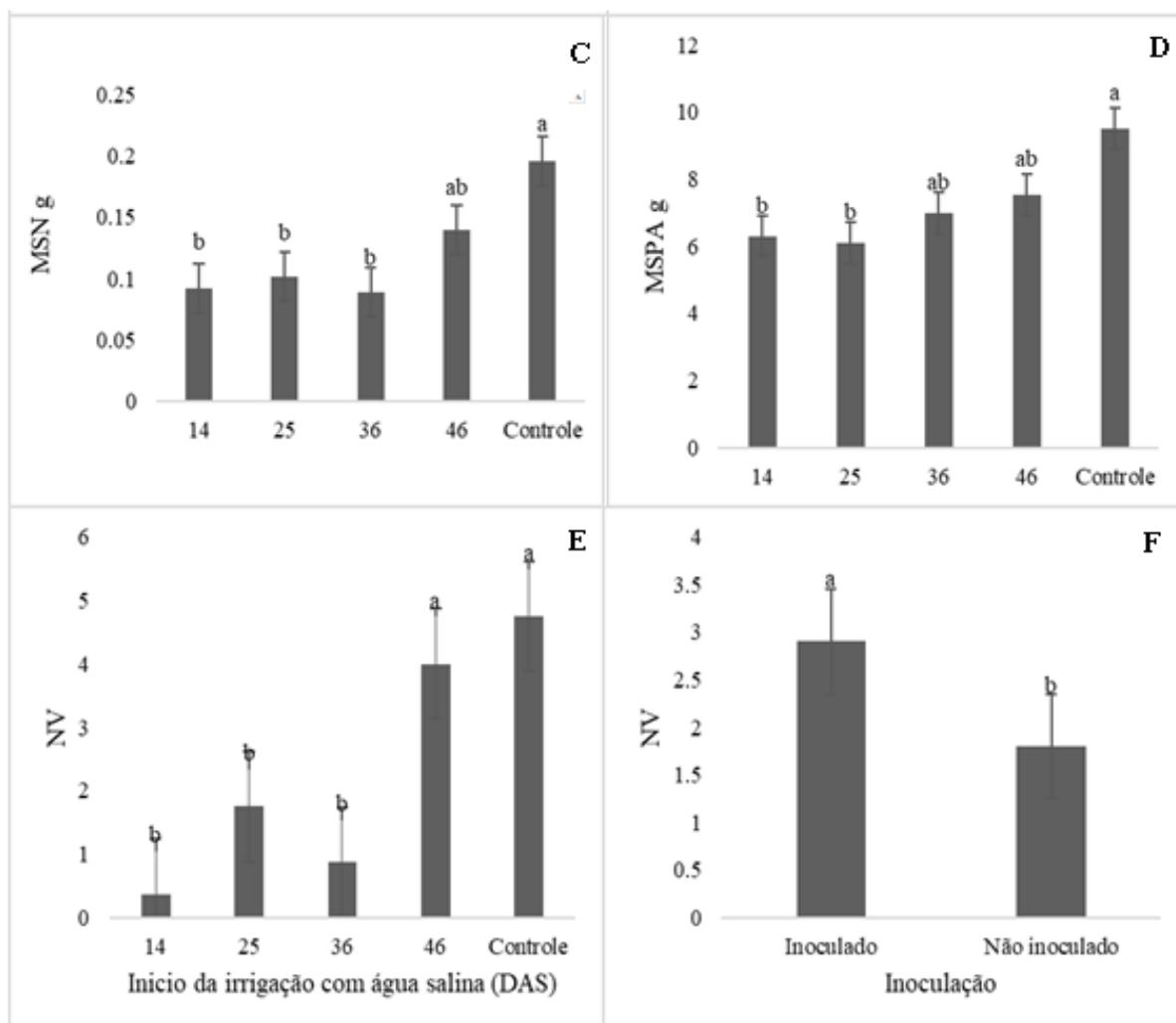
FV	GL	Quadrados médios								
		AP	DC	AF	NF	MSPA	NV	MV	NN	MSN
Fase	4	4,88 ns	0,90 ns	21,12 ns	8,43 ns	14,85**	29,83**	13,09**	10678*	0,016**
Inoculação	1	8,55 ns	1,10 ns	37,77 ns	1,22 ns	2,29 ns	12,10*	5,48*	2325 ns	0,013**
Interação	4	6,86 ns	0,29 ns	169,58 ns	4,41 ns	0,73 ns	3,53 ns	3,46*	2012*	0,002 ns
T	9	6,17 ns	0,65 ns	88,95 ns	5,84 ns	7,18 ns	16,17**	7,11**	2339**	0,009**
Resíduo	30	5,47	0,42	125,68	3,85	3,58	1,78	0,44	702	0,0016
Total	39									
C.V %		11,76	15,55	21,06	14,97	25,97	36,83	50,59	38,84	33,12

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; (ns) não significativo. FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; T = Tratamentos.

As variáveis que evidenciam as respostas de crescimento, produção e nodulação de plantas de amendoim, estão representadas nos gráficos contidos na figura 3.

**Figura 3.** Gráficos das variáveis de crescimento, produção e nodulação.





Em cada estratégia de manejo, médias com as mesmas letras minúsculas não indicam diferenças significativas (Tukey;  $p < 0,05$ ); entre a inoculação as mesmas letras maiúsculas, indicam que, não há diferenças (Tukey;  $p < 0,05$ ) entre plantas inoculadas e não inoculadas, respectivamente. **Controle:** irrigação com água de baixa salinidade ao longo de todo o ciclo da cultura; **14:** estresse salino iniciado na fase de emissão dos primeiros ramos (14 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **25:** estresse salino iniciado na fase de floração (25 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **36:** estresse salino iniciado na fase aparecimento do ginóforo (36 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **46:** estresse salino na fase de Formação das vagens (46 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura.

Os parâmetros de massa de vagem (PV) (figura 3A) e número de nódulos (NN) (figura 3B) foram responsivos para a interação entre os fatores fase fenológica e inoculação. A água salina reduziu a massa das vagens e a eficiência da FBN, nas três primeiras fases fenológicas o peso das vagens foi semelhante entre plantas inoculadas e não inoculadas. As estirpes utilizadas no experimento foram responsivas apenas nos tratamentos 46 DAS e controle.

A água salina reduziu o número de nódulos (NN) (figura 3B) em todos os tratamentos irrigados, indicando que as estirpes utilizadas são sensíveis a salinidade.

Quanto aos parâmetros MSPA (figura 3D), MSN (figura 3C) e NV (figura 3F), foi

observado responsividade ao fator fase fenológica, onde o estresse salino reduziu todos os parâmetros mencionados e, quanto mais precocemente as plantas foram submetidas ao estresse, maior foi a redução observada.

Os parâmetros NV e MSN foram responsivos para o fator inoculação. O NV foi maior em plantas inoculadas e a MSN foi maior em plantas não inoculadas. Esse segundo dado sugere que a microbiota autóctone possui maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais, tornando-as mais tolerantes ao estresse.

A salinidade afeta funções metabólicas das plantas, acarretando consequências como sintomas de toxidez, seca fisiológica e redução da capacidade produtiva. A disponibilidade de nutrientes é afetada pelo excesso de sais, limitando o desenvolvimento radicular e reduzindo a disponibilidade de nutrientes (DIAS, BLANCO, 2010) e a absorção de água (TIGABU *et al.*, 2013). Barbosa *et al.*, (2013) encontraram resultados semelhantes aos do desta pesquisa, ao submeter ao estresse hídrico plantas de amendoim inoculadas, eles observaram redução nas variáveis de crescimento.

Sousa *et al.*, (2019) informam que o estresse salino, ao atuar reduzindo a disponibilidade de água no solo, afeta negativamente o crescimento das plantas, pois parte da energia que seria utilizada para o crescimento é desviada para que a planta possa absorver água.

Resultados semelhantes também foram observados por Melo (2014), onde cultivares de *Phaseolus vulgaris* quando inoculadas, também tiveram redução da MSN e do NN, causada pelo efeito do déficit hídrico.

Porém, mesmo sob déficit hídrico, a MSN e o NN podem variar em função da capacidade de adaptação de bactérias promotoras de crescimento vegetal, por serem capazes de produzir alguns compostos que lhes conferem tolerância à seca, tais como exopolissacarídeos (DE SOUZA; GARCIA-CRUZ, 2004), biofilme (BRANDA *et al.*, 2006) e/ou sideróforos (VARDHARAJULA *et al.*, 2011).

### **6.3 Trocas gasosas**

O resumo das análises da variância dos dados de trocas gasosas, expressos na tabela 4, nos permite concluir que houve diferença significativa entre a interação (fase fenológica e inoculação) a  $p \leq 0,01$  para as variáveis de Fotossíntese (A) e Eficiência do uso

da água (EUA). As variáveis Concentração interna de CO<sub>2</sub> (ci), Transpiração (E) e Clorofila (índice SPAD) também apresentaram interação, porém a  $p \leq 0,05$ . A variável Condutância estomática (gs) apresentou diferença significativa para o fator isolado Fase fenológica.

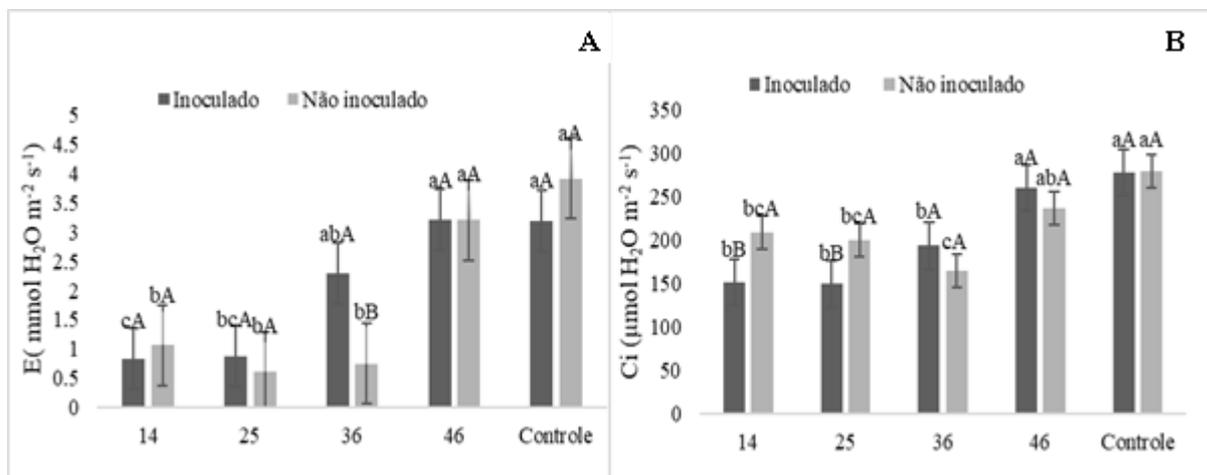
**Tabela 4.** Resumo das análises de variância para os dados de Fotossíntese (A), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (ci), Condutância estomática (gs), Transpiração (E), Eficiência do uso da água (EUA) e Clorofila em plantas de amendoim aos 55 dias após a semeadura (DAS).

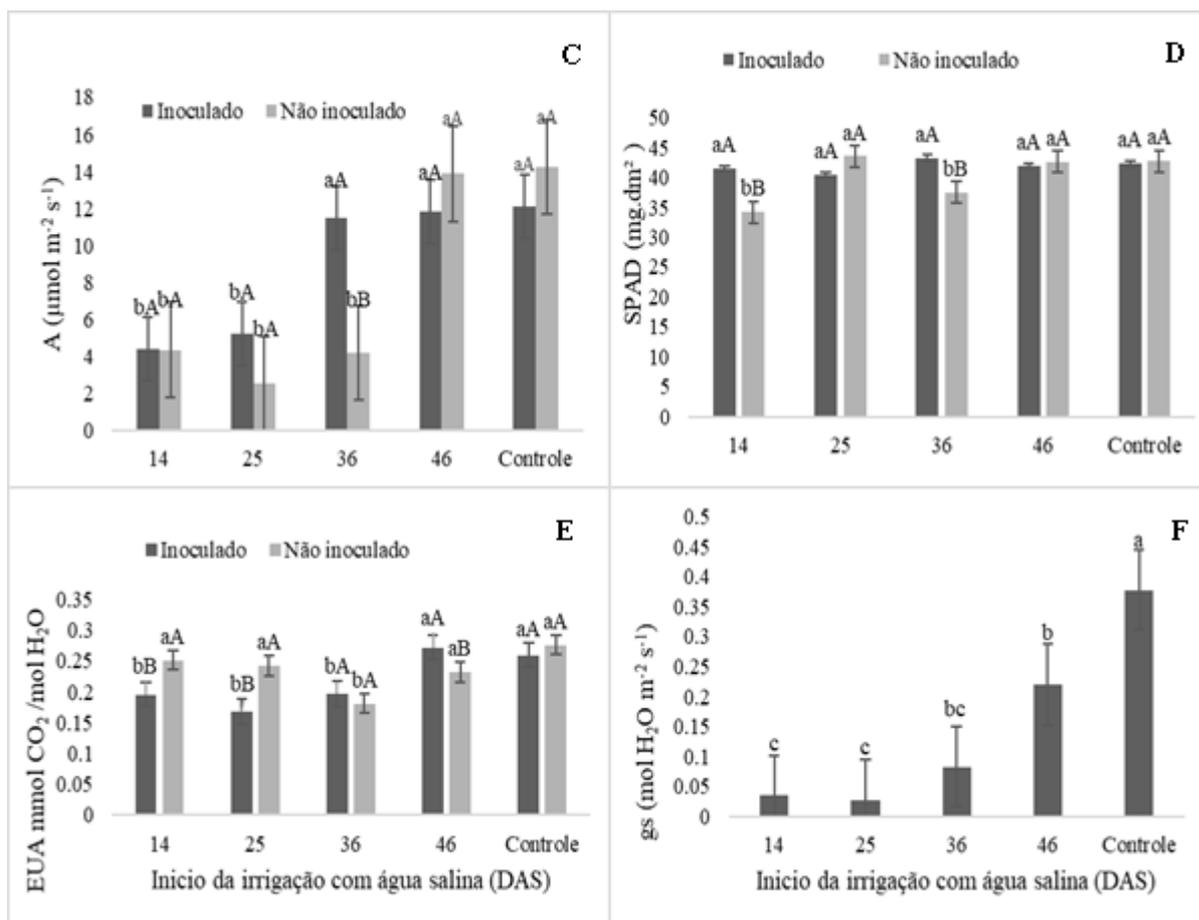
FV	GL	Quadrados médios					
		A	ci	gs	E	EUA	Clorofila
Fase	4	119,16 **	13885**	0,13415**	10,118**	0,00638**	22,33**
Inoculação	1	10,30 ns	957 ns	0,00217 ns	0,224 ns	0,00251*	22,97*
Interação	4	23,50 **	2475 *	0,00395 ns	1,086*	0,00343**	30,53*
T	9	64,55**	7378 **	0,06162**	5,004**	0,00464**	26,05 **
Resíduo	20	5,30	379	0,00695	0,339	0,00038	3,45
Total	29						
C.V %		27,32	9,18	36,13	29,23	8,62	4,53

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; (ns) não significativo. FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; T = Tratamentos.

A seguir são apresentados, na figura 4, os gráficos das médias dos parâmetros relacionados às trocas gasosas.

**Figura 4.** Gráficos das trocas gasosas aos 55 DAS.





Em cada estratégia de manejo, médias com as mesmas letras minúsculas não indicam diferenças significativas (Tukey;  $p < 0,05$ ); entre a inoculação as mesmas letras maiúsculas, indicam que, não há diferenças (Tukey;  $p < 0,05$ ) entre plantas inoculadas e não inoculadas, respectivamente. **Controle**, irrigação com água de baixa salinidade ao longo de todo o ciclo da cultura; **14**: estresse salino iniciado na fase de emissão dos primeiros ramos (14 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **25**: estresse salino iniciado na fase de floração (25 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **36**: estresse salino iniciado na fase aparecimento do ginóforo (36 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **46**: estresse salino na fase de Formação das vagens (46 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura.

A irrigação com água salina provocou redução na taxa fotossintética (A) (figura 4C), transpiração (E) (figura 4A), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci) (figura 4B) e condutância estomática (gs) (figura 4F). A redução foi mais acentuada aos 14, 25 e 36 DAS.

Silva *et al.*, (2013) obtiveram resultados semelhantes e relatam que os parâmetros fisiológicos de plantas submetidas ao estresse salino são afetados principalmente pelo desbalanço das relações hídricas e, conseqüentemente, das trocas gasosas, associadas ao efeito osmótico sobre o metabolismo da planta, ocasionado redução da absorção de água pelas raízes devido a diminuição do potencial da água no solo.

Sob condições de déficit hídrico moderado, que pode ser promovido pelo excesso de sais na água da irrigação, a fotossíntese foliar é afetada e conforme o estresse avança e os

efeitos são mais intensos (TAIZ, ZEIGER, 2006; AZEVEDO NETO *et al.*, 2010).

O desbalanço hídrico provoca, como mecanismo de defesa da planta, o fechamento dos estômatos (estimado pela redução da  $g_s$ ) a fim de evitar a perda de água pela transpiração (E), fator que explica a redução nas taxas de transpiração das plantas submetidas ao estresse salino por maiores períodos. Conforme os estômatos fecham, há redução na taxa de absorção de carbono (estimada pela  $C_i$ ).

Essa cascata de eventos culmina na redução da taxa fotossintética, uma vez que para realizar a fotossíntese a planta necessita da aquisição de  $CO_2$ , realizada pelos estômatos. Barbosa *et al.*, (2019) também observaram que houve redução da fotossíntese líquida, seguida da redução da  $g_s$  em genótipos de amendoim inoculados com rizóbio que foram submetidos ao déficit hídrico. Porém, nos tratamentos inoculados (SEMIA 6144), a redução foi menos acentuada, tal qual observada neste trabalho, o que pode ser considerado como um efeito positivo das estirpes rizobianas por serem capazes de promover a produção de osmorreguladores e atenuar o efeito do estresse (CHANG *et al.*, 2007; KAVAMURA *et al.*, 2013).

As plantas inoculadas que receberam água salina aos 14 e 25 DAS apresentaram redução na EUA (figura 4E) quando comparadas as plantas não inoculadas. Observa-se, de modo geral, que a inoculação com rizóbios esteve associada a redução da EUA, exceto nas plantas inoculadas que receberam água salina aos 46 DAS. A redução na EUA está relacionada com a queda na taxa de transpiração (E) promovida pelo estresse aplicado mais precocemente nas plantas.

Jaimez *et al.*, (2005) descrevem que a taxa de eficiência do uso da água expressa a quantidade de carbono fixada durante a fotossíntese para cada molécula de água que é perdida durante o processo. Ao fechar os estômatos para evitar a perda excessiva de água por transpiração, as plantas conseguem utilizar o  $CO_2$  acumulado nas câmaras subestomáticas reduzindo a perda de água durante o estresse hídrico (BERTOLLI *et al.*, 2015; YAN *et al.*, 2016).

O fechamento estomático realizado como forma de evitar a perda excessiva de água pela planta não afetou a fotossíntese (A) fazendo com que, mesmo com os estômatos fechados para evitar a desidratação, as plantas continuassem a realizar fotossíntese com o  $CO_2$  acumulado nas câmaras subestomáticas, contribuindo para uma melhor utilização da água.

Quanto a variável índice SPAD, que expressa o teor de clorofila nas folhas, é possível observar que houve redução da clorofila em plantas não inoculadas que receberam água salina aos 14 e 36 DAS. Os resultados indicam que a inserção de água salina foi mais prejudicial para as plantas não inoculadas e que essa sensibilidade foi maior quando a água salina foi introduzida na fase de emissão de primeiros ramos (14 DAS) e na floração (25 DAS).

É sabido que a molécula de clorofila possui nitrogênio em sua estrutura (FAQUIN, 2005) e, como as parcelas experimentais não receberam adubação nitrogenada e não houve esterilização do solo, as plantas não inoculadas que não apresentaram diferença significativa no índice SPAD expressam a capacidade que a microbiota autóctone possui para realizar a FBN, mesmo em condições de estresse salino e não tendo uma abundância elevada, como aconteceu com as estirpes utilizadas na inoculação, elas foram ainda eficientes em realizar FBN para fornecer nitrogênio para a síntese de clorofila.

#### 6.4 pH e condutividade elétrica do solo

A tabela 5 expressa os dados de pH e Condutividade elétrica (CEes) do solo após o cultivo. Pode-se observar que houve diferença significativa para os fatores isolados (fase fenológica e inoculação) a  $p \leq 0,01$  para os parâmetros pH e Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ( $CE_{\text{extrato de saturação do solo}}$ ).

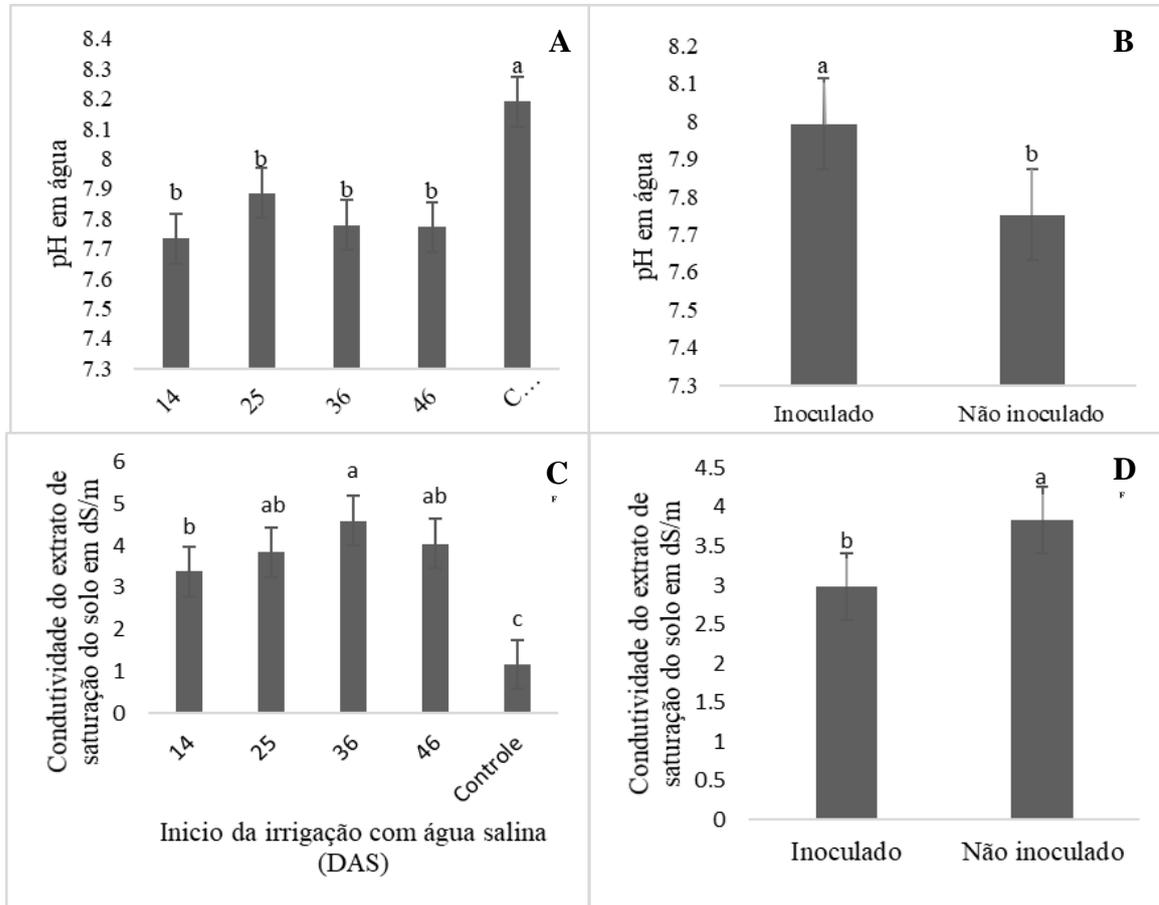
**Tabela 5.** Resumo das análises de variância para os dados potencial de hidrogênio iônico (pH) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ( $CE_{\text{extrato de saturação do solo}}$ ).

FV	GL		
		pH	CEes (dS/m <sup>-1</sup> )
Fase (A)	4	0,278**	14,11**
Inoculação (B)	1	0,58**	7,33**
Interação AxB	4	0,02 ns	2,28 ns
T	9	0,197**	7,21**
Resíduo	30	0,029	0,38
Total	39		
C.V %		2,18	18,22

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; (ns) não significativo. FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em %; T = Tratamentos.

A média dos dados de pH e CE do solo estão representadas nos gráficos contidos na figura 5.

**Figura 5.** Gráficos das médias de pH e CEes do solo no final do experimento.



Em cada estratégia de manejo, médias com as mesmas letras minúsculas não indicam diferenças significativas (Tukey;  $p < 0,05$ ); entre a inoculação as mesmas letras maiúsculas, indicam que, não há diferenças (Tukey;  $p < 0,05$ ) entre plantas inoculadas e não inoculadas, respectivamente. **Controle:** irrigação com água de baixa salinidade ao longo de todo o ciclo da cultura; **14:** estresse salino iniciado na fase de emissão dos primeiros ramos (14 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **25:** estresse salino iniciado na fase de floração (25 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **36:** estresse salino iniciado na fase aparecimento do ginóforo (36 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura; **46:** estresse salino na fase de Formação das vagens (46 DAS) perdurando até o final do ciclo da cultura.

As variáveis pH e CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo) apresentaram efeito isolado para os fatores fase fenologia e inoculação.

O solo do tratamento Controle apresentou elevação no pH em comparação aos demais tratamentos, indicando que a irrigação com água salina exerce influência no pH do solo. O fator inoculação também apresentou significância e as plantas inoculadas com rizóbio apresentaram um valor mais elevado (alcalino) no pH.

A CE sofreu elevação nos tratamentos que receberam água salina, tendo o valor

mais elevado na CE sido observado no tratamento que recebeu água salina aos 46 DAS. Para o fator inoculação foi observado que as plantas inoculadas apresentaram uma menor CE quando comparadas as plantas não inoculadas.

Segundo Raven e Smith (1976) a FBN pode alterar o pH do solo, acidificando o meio, principalmente na zona da rizosfera. Esse efeito é atribuído a exsudação de ácidos associados ao crescimento e assimilação de cátions pela planta (RAVEN; SMITH 1976). Contudo o presente trabalho observou ação inversa indicando que talvez essa alteração no pH não seja resultado direto da FBN.

Dentre os fatores que contribuem para a elevação da CE destacam-se o uso de água salina associado a problemas de drenagem (SILVA *et al.*, 2008). Os valores de CE presentes no solo, após o cultivo irrigado com água salina, ficaram acima do valor da salinidade limiar da cultura ( $3,2 \text{ dS.m}^{-1}$ ). Contudo, o solo cultivado com as plantas inoculadas com o mix de rizóbios apresentaram uma CE menor, quando comparado ao solo sem inoculação.

Os dados de pH e CE obtidos no experimento fomentam questionamentos e abrem possibilidade de novas pesquisas voltadas especificamente para elucidar o comportamento destes dois atributos do solo associado a rizóbio.

## 7 CONCLUSÕES

1. Quanto mais precoce o estresse salino é aplicado, menor é o efeito limitante na FBN.
2. A irrigação com água salina na fase de enchimento de grãos (aos 46 DAS) produz um mínimo impacto na produção de grãos, independente da inoculação com estirpes rizobianas selecionadas.
3. As plantas inoculadas com rizóbios apresentam uma maior Eficiência no Uso da Água (EUA).
4. As estirpes nativas de rizóbios são bastante eficientes em promover a nodulação e a FBN em amendoim, mesmo em baixa abundância no solo.
5. Há necessidade de se promover um programa de seleção de estirpes nativas isoladas de áreas irrigadas com águas residuárias para serem utilizadas em inoculantes para a cultura do amendoim.

## REFERÊNCIAS

- ACUÑA, Adrián Javier; PUCCI, G. N.; PUCCI, O. H. Caracterización de tres cepas bacterianas capaces de fijar nitrógeno y biodegradar hidrocarburos aisladas de un suelo de la Patagonia. **Revista Ecosistemas**, v. 19, n. 2, 2010.
- AGUADO-SANTACRUZ, Gerardo A. *et al.* Impacto de los sideróforos microbianos y fitosideróforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. **Revista fitotecnia mexicana**, v. 35, n. 1, p. 9-21, 2012.
- AHEMAD, Munees; KIBRET, Mulugeta. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.
- AHMAD, M. H. *et al.* Examining the potential for inoculant use with cowpeas in West African soils. **Tropical agriculture**, 1981.
- BARBOSA, D. D. *et al.* Can Bradyrhizobium strains inoculation reduce water deficit effects on peanuts?. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 7, p. 87, 2018.
- BARBOSA, Daniela Duarte *et al.* **Desenvolvimento vegetativo e parâmetros fisiológicos em genótipos de amendoim sob déficit hídrico inoculados com rizóbios**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.
- BELTRÃO, N.E. de M. **A cultura do amendoim na agricultura familiar brasileira**. Embrapa Algodão, 2004.
- BERENDSEN, Roeland L.; PIETERSE, Corné MJ; BAKKER, Peter AHM. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in plant science**, v. 17, n. 8, p. 478-486, 2012.
- BERNARDO, Salassier *et al.* **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2008. 611p.
- BERTOLLI, S. C.; SOUZA, J.; SOUZA, G. M. Caracterização fotossintética da espécie isohídrica pata-de-elefante em condições de deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 196–205, 2015.
- BODDEY, Robert M. *et al.* Quantification of the contribution of N<sub>2</sub> fixation to field-grown grain legumes—a strategy for the practical application of the <sup>15</sup>N isotope dilution technique. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 5, p. 649-655, 1990.
- CARDOZO, Nilceu Piffer *et al.* Modelagem da área foliar de duas cultivares de amendoim em função das dimensões lineares dos folíolos. **Bioscience Journal**, p. 101-107, 2014.
- CHANG W.S, VAN DE MROTEL M, NIELSEN L., GUZMAN G.N., LI X., HALVERSON L.J. Alginate roduction by Pseudomonas putida creates a hydrated microenvironment and contributes to biofilm architecture and stress tolerance under water-limiting conditions. **J Bacteriol**, v. 189, n. 22, p. 8290–8299, 2007.

CLAESSEN, Marie Elisabeth Christine. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E), 1997.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2017/18** – v. 5 - Quinto levantamento, fevereiro/2018. Brasília, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v. 3 - Safra 2015/16, n. 1 - Primeiro levantamento, outubro/2015. Brasília, 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v. 4 - Safra 2016/17, n. 1 - Primeiro levantamento, outubro/2016. Brasília, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v. 5 - Safra 2017/18, n. 1 - Primeiro levantamento, outubro /2017. Brasília, 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v. 5 - Safra 2017/18, n. 10 - Décimo levantamento, julho/2018. Brasília, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v. 6 - Safra 2018/19, n. 1 - Segundo levantamento, novembro/2018. Brasília, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v. 6 - Safra 2018/19, n. 1 - Primeiro levantamento, outubro/2018. Brasília, 2018.

CUNHA, Jussara B. de A. *et al.* **Diversidade cultural de bactérias isoladas de nódulos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cultivados em solos do Nordeste do Brasil**. In: Embrapa Semiárido - Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013.

DE ANDRADE, Eunice Maia. A irrigação e suas implicações sobre o capital natural em regiões áridas e semi-áridas: uma revisão. **Ceres**, v. 56, n. 4, jul./ago. 2009.

DE LA ROSA-IBARRA, M.; MAITI, R. K. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. **Journal of Plant physiology**, v. 146, n. 4, p. 515-519, 1995.

DE SOUZA, Daniela Maria; GARCIA-CRUZ, Crispin Humberto. Produção fermentativa de polissacarídeos extracelulares por bactérias. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 253-262, 2004.

DIAS, N. S. *et al.* Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: HANS RAJ GHEYI, NILDO DA SILVA DIAS, CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA (Editores). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, INCT Sal, 2016. p. 151-162.

DIAS, N. S.; BLANCO, Flavio F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 129-140.

DOS SANTOS, Roseane C. *et al.* **Estabilidade fenotípica de cultivares de amendoim**

**avaliadas na região Nordeste do Brasil.** 1999.

DOS SANTOS, Roseane C. *et al.* Recomendações técnicas para o cultivo do amendoim em pequenas propriedades agrícolas do nordeste brasileiro. **Embrapa Algodão - Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

EL-AKHAL, M. R. *et al.* Effects of salt stress and rhizobial inoculation on growth and nitrogen fixation of three peanut cultivars. **Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 415-421, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola.** Brasília: 1994. 542 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas.** Londrina: Editora Planta, 2ª. Ed., 2006. 403 p.

ESQUIVEL-COTE, Rosalba *et al.* **Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión.** Revista fitotecnia mexicana, v. 36, n. 3, p. 251-258, 2013.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FEITOSA, C.T.; NOGUEIRA, S.S.S.; GERIN, M.A.N.; RODRIGUES FILHO, F.S.O. **Avaliação do crescimento e da utilização de nutrientes pelo amendoim.** Scientia Agrícola, v. 50, n. 3, p. 427-437, 1993.

FERNANDES, V.L.B. 1993. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará.** Fortaleza: UFC. 248 p.

FREITAS, F. de O.; PEÑALOZA, A. del P.; VALLS, José Francisco Montenegro. O amendoim contador de história. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

GODOY, I. J.; MORAES, S. A.; ZANOTTO, M. D.; SANTOS, R. C. Melhoramento em Amendoim. *In*: BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas.** 1. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 54-95.

GODOY, I.J.; MINOTTI, D.; RESENDE, P.L. Produção de Amendoim de Qualidade. *In*: GODOY, I.J. *et al.* **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas.** Boletim IAC, nº 200. Ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. p. 22 - 27.

GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela *et al.* Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (*Psidium guajava*). **Ra Ximhai**, v. 8, n. 3, p. 97-102, 2012.

GONÇALVES, J.A.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A.S. Componentes de produção de amendoim em diferentes arranjos espaciais no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 2/3, p. 801-812, 2004.

GRACIANO, E.S.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; LIMA, D.R.M.; PACHECO, C.M.; SANTOS, R.C.; **Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR1 sob**

**condições de salinidade.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n. 8, p. 794-800, 2011.

GREGORY, W. C. *et al.* Structure, variation, evolution, and classification in *Arachis*. **Structure, variation, evolution, and classification in Arachis.**, p. 469-481, 1980.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; NETO, M. F., HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S.; Qualidade da água para irrigação. *In:* HANS RAJ GHEYI, NILDO DA SILVA DIAS, CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA (Editores). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados.** Fortaleza, INCT Sal, 2016. p. 42-43.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal: Redenção, 2017.

JAIMEZ, R.E.; RADA, F.; GARCIA-NUNEZ, C.; AZOCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. Harton (*Musa AAB*) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v. 104, p. 79–89, 2005.

JHA, Chaitanya Kumar; SARAF, Meenu. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. **Journal of Agricultural Research and Development**, v. 5, n. 2, p. 108-119, 2015.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F. **Plant systematics: a phylogenetic approach.** Massachusetts: Sinauer Associates, 1999. 464 p.

KAVAMURA, V. N.; SANTOS, S. N.; SILVA, J. L. PARMA, M. M.; ÁVALIA, L. A. VISCONTI, A.; ZUCCHI, T. D.; TAKETANI, R. G.; ANDREOTE, F. D.; MELO, I. S. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research**, v. 168, p. 183-191, 2013.

KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KÖPPEN, William. **Climatologia.** México: Fundo de Cultura Econômica, 1931.

KRANS, W. M.; HOHMANN, C. L.; BIANCHINI, A. Amendoim. *In:* Instituto Agrônômico do Paraná. **Manual agropecuário para o Paraná.** Londrina: Fundação Instituto Agropecuário Paraná, 1980. p. 121-128.

LABRA-CARDÓN, Daniela *et al.* Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de *Cyperus elegans* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. **Revista internacional de contaminación ambiental**, v. 28, n. 1, p. 7-16, 2012.

LÓPEZ PÉREZ, José Pedro; BORONAT GIL, Raquel. Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias. Estudio en el laboratorio de educación secundaria. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 203-209, 2015.

MAGALHAES FILHO, Rodrigues *et al.* Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 1, 2008.

- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. **Ceres**: São Paulo, 1980. 251 p.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. 173f. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.
- MEDEIROS, José F. de *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**, 2003.
- MELO, A. P. **Avaliação da tolerância à seca em feijoeiro inoculado com rizóbio e bactérias diazotróficas endofíticas na presença de ácidos húmicos**. 2014. p. 70. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.
- MELO, Emanuelle Barros Sobral *et al.* Nodulation, gas exchanges and production of peanut cultivated with Bradyrhizobium in soils with different textures. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 160-166, 2016.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), **Normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura**, 19 p., 2011.
- MIYAZAWA, Mário *et al.* Análise química de tecido vegetal. *In*: **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**: Brasília, 2009.
- MOLLER, M. R. F. *et al.* **Análises de tecido vegetal: manual de laboratório**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997.
- MOREIRA, F. M. De S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- MUNNS, Rana. Fisiologia comparativa do estresse salino e hídrico. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.
- NOUMAVO, Pacôme Agossou *et al.* Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: Efeitos benéficos para uma agricultura saudável e sustentável. **Revista Africana de Biotecnologia**, v. 15, n. 27, p. 1452-1463, 2016.
- OGEGA, J.K *et al.* Effectiveness of Bradyrhizobia and lime on yield of groundnuts and maize under intercrop system in acids soils of western Kenya. Anais [...]. **Anais of the RUFORUM Biennial Meeting**, 2012. p. 1807-1809.
- PARRAY, J. A. *et al.* PARRAY, Javid A. *et al.* Current perspectives on plant growth-promoting rhizobacteria. **Journal of Plant growth regulation**, v. 35, n. 3, p. 877-902, 2016. Current Perspectives on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. **Journal of Plant Growth Regulation**, 35(3), p. 877-902, 2016.

PAZOS, Mabel *et al.* Caracterización de cepas del género *Azospirillum* aisladas de dos tipos de suelos de la localidad de San Nicolás de Bari. **Cultivos tropicales**, v. 21, n. 3, 2000.

PECHE FILHO, A. **Variabilidade da agregação em amostras de solos agrícolas como indicador de qualidade**: uma proposta metodológica. 2018. 87 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Campus Experimental de Sorocaba, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2018.

RAI, R. *et al.* Interactions between *Rhizobium* strains and lentil (*Lens culinaris* Linn.) genotypes under salt stress. **The Journal of Agricultural Science**, v. 104, n. 1, p. 199-205, 1985.

RAI, R. The salt tolerance of *Rhizobium* strains and lentil genotypes and the effect of salinity on aspects of symbiotic N-fixation. **The Journal of Agricultural Science**, v. 100, n. 1, p. 81-86, 1983.

RAMOS, G. A., BARROS, M. A. L. **Sistema de Produção de Amendoim**. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2014.

RAVEN, J. A.; SMITH, F. A. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. **New Phytologist**, v. 76, n. 3, p. 415-431, 1976.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. **CARVALHO, AM Cerrado: adubação verde**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2006.

SANTOS, Carolina E. R. S. *et al.* Prospecting of efficient rhizobia for peanut inoculation in a Planosol under different vegetation covers. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 4, p. 123-131, 2017.

SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, v. 7, n. 1, p. 33-41, 2016.

SANTOS, R.C.; GODOY, J. I.; FÁVERO, A. P. Melhoramento do amendoim. *In*: SANTOS, R. C. (ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 1. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, p. 123-192.

SANTOS, Roseane Cavalcanti *et al.* Fenologia de genótipos de amendoim dos tipos botânicos Valência e Virgínia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 607-612, 1997.

SHAMSELDIN, Abdelaal; ABDELKHALEK, Ahmed; SADOWSKY, Michael J. Recent changes to the classification of symbiotic, nitrogen-fixing, legume-associating bacteria: a review. **Symbiosis**, v. 71, n. 2, p. 91-109, 2017.

SILVA, C. S. *et al.* **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. rev. ampl. - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, F. L. B. *et al.* Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, José L. de A. *et al.* Use of saline waters as an alternative for irrigation and production of fodder in the northeastern semiarid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2014.

SILVA, M. *et al.* Crescimento de meloeiro e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

SIZENANDO, Ciro Igor Torres *et al.* Agronomic efficiency of Bradyrhizobium in peanut under different environments in Brazilian Northeast. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 37, p. 3482-3487, 2016.

SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**: Rio de Janeiro, 2013.

SOUZA, M. V. P., Sousa, G. G., Sales, J. R. S., Freire, M. H. C., G. L., Silva, Viana, T. V. A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.3, e5672, 2019.

TIGABU, E.; ANDARGIE, M; TESFAYE, K. Genotypic Variation for Salinity Tolerance in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Genotypes at Early Growth Stages. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 9, n. 2, p. 253-262, 2013.

TORRES-JUNIOR, Carlos Vergara *et al.* Diversity and symbiotic performance of peanut rhizobia from Southeast region of Brazil. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 6, p. 566-577, 2014.

VALETTI, L. *et al.* Development and field evaluation of liquid inoculants with native bradyrhizobial strains for peanut production. **African Crop Science Journal**, v. 24, n. 1, p. 1-13, 2016.

VARDHARAJULA, Sandhya *et al.* Drought-tolerant plant growth promoting Bacillus spp.: effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. **Journal of Plant Interactions**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2011.

VENIERAKI, Anastasia *et al.* The genetic diversity of culturable nitrogen-fixing bacteria in the rhizosphere of wheat. **Microbial ecology**, v. 61, n. 2, p. 277-285, 2011.

WILLADINO, Lilia; CAMARA, Terezinha Rangel. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

YAN, W.; ZHONG, Y.; SHANGGUAN, Z. **A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought**. Scientific Reports, v. 6, 2016.