

**ALAN HENRIQUE SANTOS SILVA**

**RELAÇÕES HÍDRICAS DO AMENDOIM IRRIGADO  
COM ÁGUAS SALOBRAS SOB GOTEJO PULSADO E CONTÍNUO**

RECIFE - PE  
2020

ALAN HENRIQUE SANTOS SILVA

**RELAÇÕES HÍDRICAS DO AMENDOIM IRRIGADO  
COM ÁGUAS SALOBRAS SOB GOTEJO PULSADO E CONTÍNUO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador:

Prof. Dr. Manassés Mesquita da  
Silva

RECIFE - PE  
2020

ALAN HENRIQUE SANTOS SILVA  
Engenheiro Agrônomo - UFRPE

RELAÇÕES HÍDRICAS DO AMENDOIM IRRIGADO  
COM ÁGUAS SALOBRAS SOB GOTEJO PULSADO E CONTÍNUO

Dissertação defendida e aprovada em 09 de Março de 2020 pela banca examinadora:

Orientador:



Prof. D. Sc. Manassés Mesquita da Silva

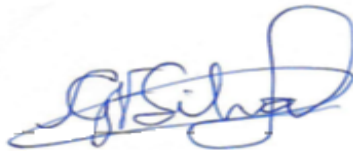
DEAGRI - UFRPE

Examinadores:



D. Sc. Claudio Augusto Uyeda

IFPE – CAMPUS VITÓRIA DE SANTO  
ANTÃO



Prof. Dr. Sc. Gerônimo Ferreira da Silva

DEAGRI - UFRPE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586r

Silva, Alan Henrique Santos

RELAÇÕES HÍDRICAS DO AMENDOIM IRRIGADO COM ÁGUAS SALOBRAS SOB GOTEJO PULSADO E CONTÍNUO / Alan Henrique Santos Silva. - 2020.

55 f. :il.

Orientador: Manasses Mesquita da Silva.  
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2020.

1. Irrigação por pulsos. 2. Salinidade. 3. Amendoim. I. Silva, Manasses Mesquita da, orient. II. Título

CDD 630

“Se alguém de vós necessita de sabedoria, peça-a a Deus – que a todos dá liberalmente, com simplicidade e sem recriminação – e lhe será dada.

(Tiago 1:5)

« If for a while the harder you try, the harder it gets, take heart. So it has been with the best people who ever lived. » (Jeffrey R. Holland)

As minhas heroínas, minha avó (mãe) e bisavó (avó).

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Seria impossível não começar agradecendo a Deus por tudo, pois sem Ele nada disso seria possível. Pois foi Ele quem me levantou e me disse “vai em Frente, pois contigo estou” quando pensei que havia chegado ao meu limite e queria desistir.

A CAPES/PROEX pela concessão da bolsa, e ao CNPq pelo financiamaneto da pesquisa, tornando possível a realização desta pesquisa.

A minha família pelo o apoio, paciência, amor e carinho me dado durante essa fase tão importante da minha vida, em especial a minha avó (mãe) Marluce Francisca, minha bisavó (avó) Deolinda Josepha e ao meu tio (Aurino Filho), por todo suporte necessário e por me permitirem voar mais alto, mesmo dentro das suas limitações.

A uma pessoa sem a qual essa dissertação não seria possível, Martiliana Freire. Alguém que me deu a mão quando precisei, que puxou minhas orelhas em horas oportunas, mas que acima de tudo fez com que o peso da pós-graduação fosse mais leve. Muito obrigado pelas horas no telefone me aconselhando, pelas madrugadas de análises e pelos estresses que tivemos que resolver juntos. Sem você *drinn* eu não estaria aqui hoje.

Aos meus amigos e primos Marilya Gabryella, Petronio Junior, Amanda Lima, Alane Guimarães, Antônio Eduardo, Wagner Moura, Isamor Gomes, Thaís Virgínia, Sascha Christine, Tatiane Quoos, Bruno Quoos, Isabel Sarinho e Ricardo Souza pela paciência risadas e por amenizar os meus estresses durante este ciclo.

Aos anjos, comumente chamado de amigos, que a pós-graduação me agraciou, em especial, Laís Franco, Martha Paulino, Lucas Leal, Uriel Calisto, Victor Pessoa, Jéssica Rafaelly, Raphaela Revoredo e Alexandre Jardim pelo carinho, auxílio durante as dúvidas e por me ajudarem na realização de algumas análises e colheita. Vocês têm um lugar no meu coração e podem contar comigo para o que precisarem.

Ao meu orientador Prof. Manassés Mesquita da Silva pelas conversas, paciência, incentivos, desafios, conhecimentos e experiências transmitidas e absorvidas durante esses dois anos. Desde já o meu muito obrigado.

Aos professores José Amilton Santos Júnior, Edivan Rodrigues de Souza, Gerônimo Ferreira da Silva, Laércia Rocha, Ceres Duarte, Rosimar Musser, Vivian Loges e Ênio França pelo suporte e apoio durante essa fase da minha vida.

Aos alunos do 8º período de agronomia 2015.2, pela paciência e participação nas atividades por mim desenvolvidas durante o estágio a docência na disciplina de Irrigação e Drenagem. A minha primeira experiência como docente só foi gratificante e bem-sucedida por

conta de vocês.

A Cecília, Ruana, Rafaela, Rafael, Vitor, Pedro e Laura pelos dias dedicados a condução do experimento, mesmo em dias de chuva, sol forte, domingos e feriados; vocês assim como eu foram responsáveis pelo sucesso desta conquista.

A todos os membros do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE pela oportunidade de cursar o mestrado e pelos conhecimentos transmitidos.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu sucesso, não tenho palavras para agradecer o quão importante vocês foram nesta minha caminhada. E embora, a minha caminhada no meio acadêmico tenha dado uma pausa, devido a um novo rumo por mim tomado, vocês sempre estarão comigo.



## SUMÁRIO

<i>Lista de Figuras</i> .....	11
<i>Lista de Tabelas</i> .....	12
<b>RESUMO:</b> .....	13
<b>ABSTRACT:</b> .....	14
<b>CAPÍTULO I</b> .....	15
<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	15
1. <b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
2. <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1. <b>Irrigação Localizada</b> .....	17
2.1.1. <b>Aspectos gerais</b> .....	17
2.1.2. <b>Irrigação por Gotejamento Pulsado ou Intermitente</b> .....	18
2.2. <b>Salinidade</b> .....	20
2.2.1. <b>Aspectos Gerais</b> .....	20
2.2.2. <b>Estresse Salino: Componentes e Efeitos sob as Plantas</b> .....	22
2.2.3. <b>Relações Hídricas em Plantas sob Estresse Salino</b> .....	24
2.2.3.1. <b>Potenciais na planta</b> .....	24
2.3. <b>Cultura do Amendoim</b> .....	25
2.4. <b>Objetivo Geral</b> .....	27
2.5 <b>Objetivos específicos</b> .....	27
2.6. <b>Hipóteses</b> .....	28
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	29
<b>CAPÍTULO II</b> .....	37
<b>WATER RELATIONS OF PEANUT IRRIGATED WITH BRACKISH WATER UNDER PULSED DRIPPING</b> .....	37
<b>ABSTRACT:</b> .....	38
<b>INTRODUCTION</b> .....	39
<b>MATERIAL E METHODS</b> .....	40
<b>RESULTS AND DISCUSSION</b> .....	43
<b>CONCLUSION</b> .....	51
<b>REFERENCES</b> .....	51

## Lista de Figuras

### Capítulo 2

- Figure 1.** Reference evapotranspiration ( $\text{mm day}^{-1}$ ), solar radiation ( $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ), average air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), average relative humidity (%), rainfall ( $\text{mm day}^{-1}$ ) between September and November 2019, Recife-PE. 42
- Figure 2.** (A) Grain and pod production - PGP, (B) Water use efficiency - EF-PGP, (C) Instant water use efficiency -  $A/E$ , (D) Intrinsic water use efficiency -  $A/g_s$  (E) Stomatal conductance -  $g_s$ , (F) Transpiration -  $E$  and (G) leaf succulence - LS in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping. 45
- Figure 3.** (A) Leaf water potential -  $\Psi_h$ , (B) Pressure potential -  $\Psi_p$ , (C) Osmotic potential -  $\Psi_o$  and (D) Osmotic adjustment - AO in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping. 49

## Lista de Tabelas

### Capítulo 2

- Table 1.** Summary of the analysis of variance for grain and pod production (PGP), water use efficiency (EF-PGP), instant water use efficiency ( $A/E$ ), intrinsic water use efficiency ( $A/g_s$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ), transpiration ( $E$ ) and leaf succulence (LS) in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping. 44
- Table 2.** Summary of the Analysis of Variance for osmotic potential ( $\Psi_{os}$ ), pressure potential ( $\Psi_p$ ) and Osmotic adjustment (OA) in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping. 48

## RESUMO:

O amendoim, 5<sup>o</sup> oleaginosa mais produzida no mundo, tem no Brasil o cultivo principalmente na região Sudeste com duas safras anuais. No Nordeste devido a desuniformidade hídrica o plantio ocorre na época chuvosa. Sendo assim a irrigação surge como alternativa para viabilizar o plantio em áreas, antes consideradas inadequadas. Neste contexto, a irrigação localizada pulsada se destaca pela baixa quantidade de água utilizada, pela alta eficiência de aplicação e pela manutenção da umidade solo. Além disso, um manejo eficiente da irrigação é crucial para otimizar a eficiência da água, especialmente quando se faz uso de águas salobras. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção de grãos e vagens com base nas relações hídricas do amendoim, cultivar BR-1, irrigado com águas salobras (CE = 0,12; 1,6; 2,8; 4,0 and 5,2 dS m<sup>-1</sup>) via gotejamento por pulsos e contínuo. Um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (5x2) com quatro repetições, somando 40 parcelas foi utilizado. O experimento foi realizado no Laboratório de Fertirrigação e Salinidade – DEAGRI/UFRPE. As plantas foram cultivadas em lisímetros de drenagem ao ar livre de setembro a novembro de 2019. Os dados referentes a produção de grãos e vagens (g planta<sup>-1</sup>), eficiência do uso da água (g mm<sup>-1</sup>); eficiência instantânea do uso da água - A/E (μmol CO<sub>2</sub>/mmol H<sub>2</sub>O); eficiência intrínseca do uso da água - A/gs (μmol CO<sub>2</sub>/mmol H<sub>2</sub>O); condutância estomática - gs (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); transpiração - E (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); potencial hídrico (MPa); potencial osmótico (MPa); ajustamento osmótico (MPa); suculência foliar (g of H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>) e teor relativo de água (%) foram submetidos a análise de variância ao nível de 0,05% de probabilidade. Verificou-se que a irrigação por pulsos não mitigou os efeitos deletérios da salinidade, porém apresentou maiores valores de produção de grãos e vagens quando comparado com a irrigação contínua. Assim como, o aumento na condutividade elétrica da água de irrigação teve efeitos sobre o potencial hídrico, osmótico, de pressão e sobre o ajustamento osmótico.

**Keywords:** *Arachis hypogaea*; manejo da água; salinidade.

**ABSTRACT:**

Peanut, the 5<sup>th</sup> most produced oilseed in the world, has been grown in Brazil mainly in the Southern Region with two growing seasons per year. In the Northeastern region, due to rainfall ununiformity, it has been grown in the rainy season. Therefore, irrigation comes as an alternative to promote agricultural operations in those áreas, early considered inappropriate. Thus, pulsed dripping irrigation stands out for its lower amount of water used, high water efficiency, and for maintaining soil moisture. Moreover, an efficient water management in irrigation is vital to optimize water efficiency, especially when using brackish water. Thus, this work was carried out aiming to evaluate grain and pod production based on the water relations of peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish waters (EC = 0.12; 1.6; 2.8; 4.0 and 5.2 dS m<sup>-1</sup>) via pulsed and continuous dripping. It was used an experimental randomized block desing in a 5x2 factorial scheme with four replications, adding up to forty experimental units. The experiment was carried out at the Fertigation and Salinity Laboratory - DEAGRI/UFRPE. The plants were grown in drainage lysimeters in an open field from September to November 2019. The data for grain and pod production (g plant<sup>-1</sup>); water use efficiency (g mm<sup>-1</sup>); instant water use efficiency - A/E (μmol CO<sub>2</sub>/mmol H<sub>2</sub>O); intrinsic water use efficiency - A/gs (μmol CO<sub>2</sub>/mmol H<sub>2</sub>O); stomatal conductance - gs (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); transpiration - E (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); leaf water potential (MPa); osmotic potential (MPa); osmotic adjustment (MPa); leaf succulence (g of H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>) and relative water content (%) were subjected to the analysis of variance at the level of 0.05 probability. It was found that the use of pulsed dripping did not mitigate the deleterious effects of salinity, but it provided greater grain and pod production compared to continuous dripping. It was also found that the use of brackish water by pulsed dripping provides greater water use efficiency compared to continuous dripping. Moreover, the increase in the electrical conductivity of the water affected the water, pressure and osmotic potentials, along with the osmotic adjustment.

**Keywords:** *Arachis hypogaea*; water management; salinity.

## **CAPÍTULO I**

---

### **CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## **1. INTRODUÇÃO GERAL**

O uso da irrigação como técnica de mitigação dos efeitos da má distribuição de chuvas tem sido amplamente utilizado no mundo, sendo as regiões áridas e semiáridas as que mais necessitam do seu uso para produção agrícola. Nesse sentido a irrigação localizada se destaca pela baixa quantidade de água aplicada, assim como pela alta eficiência de aplicação. As principais vantagens do uso da irrigação localizada vão além dos fatores citados anteriormente, pois o seu uso exige uma quantidade menor de energia e menores pressões de serviço, sendo, portanto, do ponto de vista energético altamente recomendável.

Nesse contexto se destaca a irrigação localizada por gotejamento, que faz uso de vazões e pressões de serviço ainda menores, além de disponibilizar água muito próximo à rizosfera, proporcionando economia de água, e garantindo um maior aproveitamento desta pelas plantas. A irrigação localizada por gotejamento pulsado ou intermitente é definida como a aplicação da água através do sistema on/off, ou seja, a lâmina de irrigação requerida é subdividida em intervalos constantes. O seu uso proporciona um aumento do tempo ao qual o solo irá ser mantido na capacidade de campo, reduzindo assim os efeitos do estresse hídrico e/ou salino sobre as plantas. Vários estudos têm demonstrado a eficiência deste manejo de irrigação, destacando a redução da lâmina aplicada, devido a uma menor percolação; maiores produtividades e redução dos efeitos deletérios causados pelos estresses salino e hídrico.

Do ponto de vista da presença de sais, a irrigação por pulsos tem sido apresentada como a técnica que pode viabilizar o uso de águas salobras na irrigação. Estas águas, consideradas de baixa qualidade, porém presentes em várias regiões do mundo, com destaque para o nordeste brasileiro; podem servir como alternativa para irrigação em áreas anteriormente consideradas inapropriadas para a agricultura devido a presença de águas salobras. Vários estudos ao compararem a irrigação por gotejamento contínua com a irrigação por gotejamento pulsada utilizando águas salobras tem destacado o aumento da produtividade nas áreas que receberam água de forma parcelada (via pulsos), garantindo assim a superioridade da técnica de aplicação de água.

A presença de sais no solo e/ou na água de irrigação ocasiona a redução na energia química da água, proporcionando uma redução do potencial osmótico e a desestruturação dos agregados do solo. Esses fatores podem causar reduções na produtividade das culturas, devido a menor absorção de água por parte das raízes. Essa redução proporciona o fechamento estomático que irá influenciar a fotossíntese e a produção de fotoassimilados.

O amendoim, quarta oleaginosa mais cultivada em todo mundo, com produção de 0,51 milhões de toneladas na safra Brasileira 2017/2018; possui uma salinidade limiar de 3,2 dS m<sup>-1</sup>, ou seja, sendo considerada moderadamente sensível à salinidade. Os principais efeitos encontrados em plantas de amendoim sob condições de estresse salino são: redução da produtividade, do número de folhas, da altura dos ramos e da haste principal.

Portanto, o uso de técnicas de manejo da água de irrigação que permitam o seu cultivo em áreas com águas salobras é imprescindível. Devido a escassez de trabalhos que correlacionem manejos de irrigação (pulsado ou contínuo) com diferentes níveis de salinidade para a cultura do amendoim, o estudo da correlação entre estes fatores se faz necessário.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Irrigação Localizada**

#### **2.1.1. Aspectos gerais**

Dentre os vários conceitos de irrigação fornecidos por diversos autores ao longo do desenvolvimento da ciência agrícola, Testezlaf (2017) define irrigação como a técnica, forma ou meio utilizado para fornecer água de forma artificial para as plantas, a fim de satisfazer as suas necessidades e com foco na produção ideal para o seu usuário. O seu uso é imprescindível em regiões áridas e semiáridas, onde a precipitação anual é muito baixa, por propiciar o cultivo das culturas agrícolas nessas regiões, bem como o aumento da produção (QUEIROZ et al., 2015). No passado era utilizada como técnica contra a seca, entretanto, hoje caracteriza-se como ferramenta ou estratégia para aumento da produtividade e rentabilidade da propriedade agrícola; além de criar condições para manutenção do homem no campo através da geração de empregos permanentes e estáveis (MANTOVANI et al., 2009).

Em relação aos métodos de irrigação, a localizada baseia-se na aplicação da água próximo à zona radicular da planta, e é caracterizada pelo baixo volume e alta frequência de aplicação. Ela é dividida em dois sistemas distintos: gotejamento e microaspersão. Esses sistemas diferem entre si quanto a pressão de serviço, vazão e forma de aplicação utilizados. No gotejamento a água é distribuída na forma de gotas através de gotejadores, que operam sob pressões de 50 a 200 kPa e com vazões de 0,5 a 12 L/h. Por outro lado, o sistema de microaspersão utiliza pequenos aspersores, que operam sob pressões de 100 a 300 kPa e vazões de 30 a 200 L/h, e entregam água a uma área maior (MANTOVANI et al., 2009;



TESTEZLAF, 2017). Nesse sentido, vários estudos concluíram que o uso da irrigação localizada por gotejamento aumentou a eficiência do uso da água utilizando uma quantidade menor de energia, quando comparado a outros sistemas de irrigação pressurizados, e garantiu uma maior produtividade e produtos de melhor qualidade (DACCACHE et al., 2010 a,b,c; VYRLAS; SAKELLARIOU, 2005)

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é o parâmetro mais utilizado para expressar a uniformidade e distribuição da água aplicada em uma área irrigada, além da variabilidade da lâmina distribuída na superfície do solo (FRIZZONE, 1992). Assim, Santos et al. (2013) ao analisarem a eficiência do sistema de irrigação localizada no cultivo de pimenta encontraram valores de coeficientes de Christiansen superiores a 80%, garantindo, portanto, uma maior uniformidade de aplicação de água na área e uma redução dos possíveis danos causados por estresse hídrico. Em estudo conduzido por Batista et al. (2009), foram constatados maiores valores de eficiência do uso de água para a cultura do melão, quando se utilizou o sistema de irrigação localizada, cujo sistema provocou uma redução no volume de água empregado.

### **2.1.2. Irrigação por Gotejamento Pulsado ou Intermitente**

A irrigação por gotejamento, ao qual é amplamente utilizada nas mais diversas regiões do planeta, se destaca pelo menor volume de água aplicado, o que gera um menor custo e uma maior eficiência do uso de água. Embora a irrigação por gotejamento atinja taxas de eficiência superiores a 80%, diversas regiões do planeta já enfrentam problemas de escassez de água de qualidade. Devido a isto Phogat et al. (2013), apontam a irrigação deficitária (ao qual apenas uma parte da lâmina requerida é aplicada) como algo inevitável para os próximos anos. Neste contexto, a irrigação por pulsos ou intermitente associada a irrigação deficitária aparece como uma alternativa adequada, para mitigar os efeitos da escassez de água sem, entretanto, reduzir a produtividade da cultura, como relatado por Zamora (2018) ao comparar a irrigação contínua com a irrigação por pulsos para a cultura do coentro.

A irrigação por pulsos ou intermitente consiste na aplicação da lâmina de irrigação através de intervalos nos quais as plantas recebem uma pequena quantidade de água seguido por um período sem água, repetindo o ciclo até que toda a lâmina requerida seja aplicada (ALMEIDA et al., 2018). O uso deste manejo de irrigação, segundo Bakeer (2009), traz inúmeros benefícios desde o aumento da produtividade e melhoria na qualidade dos

produtos, até economia de água, redução do entupimento dos emissores e redução de custos operacionais. Com relação ao solo o mesmo autor observou uma redução na taxa de percolação devido a um maior crescimento do bulbo no sentido horizontal.

Estudos sugerem que o uso da irrigação pulsada ou intermitente, gera um aumento na produtividade e na eficiência de aplicação de água, além da geração de uma maior distribuição de sais e menor lixiviação de fertilizantes (GARCÍA-PRATS; GUILLEM-PICÓ, 2016). Em relação ao consumo de energia, estes mesmos autores, constataram que o consumo de energia (ou seja, a demanda por energia) diminuiu a medida que o número de pulsos aumentou, e quando o custo de energia foi comparado, esse efeito se manteve. Os valores encontrados de redução foram de 10,67 % para capacidade de energia, 6,43 % para consumo de energia e 6,99 % para custo de energia. Almeida et al. (2015) ao compararem o cultivo da alface americana com ou sem mulching, sob condições de irrigação com lâmina contínua e intermitente (pulsada) observaram uma economia no uso de água de 50 % e 25 % nos tratamentos com mulching e sem mulching que recebiam água de forma pulsada, respectivamente.

Silber (2012) ao analisar a abscisão de frutos e manchas pretas em frutos de abacate sob três regimes de irrigação sendo eles: Irrigação por pulsos IRG1 (10-20 min com intervalos de 30 min), Irrigação contínua IRG2 começando a noite e terminando pela manhã e Irrigação a cada dois dias IRG3; constatou uma menor incidência de frutos com manchas pretas e menor abscisão de frutos nas plantas sob irrigação por pulsos. Atrelado a isto, constatou também uma maior produtividade nas áreas que receberam água via irrigação pulsada. Abdelghany (2009) observou um aumento da produtividade de batata passando de 4,35 t<sub>fed</sub><sup>-1</sup> para 6,50 t<sub>fed</sub><sup>-1</sup> nas parcelas que receberam a lâmina de irrigação parcelada em 4 pulsos, um aumento de 49 % quando comparado a irrigação contínua.

Elmaloglou; Diamantopoulos (2007) ao analisarem dois solos de texturas diferentes submetidos a irrigação por pulsos e contínua, constataram que houve uma menor percolação em ambos os solos quando estes foram submetidos a irrigação por pulsos. Além da frente de molhamento ser maior nos solos submetidos a irrigação pulsada. Estes resultados foram validados através de modelos matemáticos propostos pelos autores.

Abdelghany (2009) afirma que aplicação de água via pulsos reduziu a relação de entupimento dos emissores (CRE) em sistemas superficiais e subsuperficiais. Esta redução segundo o autor é devida ao ciclo *on-off* criar uma turbulência dentro do tubo, e essa turbulência impede o acúmulo de partículas nos emissores e no tubo. Esses fatores

contribuem para uma economia do ponto de vista financeiro e intervalos maiores de limpeza favorecendo, portanto, a cultura e o proprietário do local.

O uso da irrigação por gotejamento pulsada proporciona uma redução nos efeitos deletérios causados pelo uso de águas salobras nas plantas. Almeida et al. (2018) ao avaliarem os efeitos da salinidade sob plantas de feijão vagem, cultivadas sob dois manejos distintos de irrigação (irrigação contínua e por pulsos), observaram que houve uma maior redução na produtividade das plantas submetidas ao sistema de irrigação contínua. Entretanto, esses mesmos autores constataram que houve um aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo nas parcelas que receberam a água de forma pulsada. Os autores relatam que a irrigação por pulsos mantém o solo úmido por mais tempo reduzindo assim os efeitos deletérios dos sais no solo e na planta. O aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e a diminuição da produtividade encontrado por estes autores, corroboram aqueles encontrados por Santana et al. (2003), que observaram uma redução na produtividade de plantas de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) à medida que a condutividade elétrica aumentou. Almeida et al. (2017) constataram uma redução no número de frutos e vagens comerciais no feijão vagem submetidos a irrigação contínua com água salobra, quando comparados a irrigação por pulsos, elucidando novamente a possibilidade do uso da mesma como alternativa para áreas com águas salobras.

## **2.2. Salinidade**

### **2.2.1. Aspectos Gerais**

A salinidade é definida como o aumento na concentração de sais solúveis na camada superficial do solo (RIBEIRO et al., 2016), em concentrações prejudiciais ao desenvolvimento das culturas (RAHDARI; HOSEINI, 2011). Nesse sentido, os solos afetados pela presença de sais, principalmente  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  (CHAGANTI et al., 2015), assim como pela presença de sódio trocável ( $\text{Na}^+$ ) ou a junção dos dois, estejam eles presentes em um horizonte ou camada próxima da superfície, são conhecidos como solos salinos e sódicos. A salinidade assim como a sodicidade que é definida como o aumento da porcentagem de sódio trocável, interferem no desenvolvimento das plantas (RIBEIRO et al., 2003).

De acordo com USSL Staff (1954) um solo é considerado salino quando apresenta condutividade elétrica do extrato de saturação  $\text{CEes} \geq 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , porcentagem de sódio

trocável  $PST < 15\%$  e  $pH < 8,5$ . Por outro lado, solos sódicos apresentam o  $PST \geq 15\%$ , a  $CE < 4,0 \text{ dS m}^{-1}$  e  $pH$  entre 8,5 e 10 (resultante da hidrólise do  $\text{Na}^+$  do complexo de trocas ou da formação de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Há ainda uma classificação intermediária, e os solos presentes nesta categoria são classificados como solos salino-sódicos. Estes apresentam valores de  $PST \geq 15\%$ ,  $CE \geq 4,0 \text{ dS m}^{-1}$  e  $pH \leq 8,5$  (Ribeiro et al., 2016).

Ribeiro et al. (2016) afirmam que o processo de salinização de um solo ocorre de duas maneiras distintas, de maneira natural ou de forma antrópica. A primeira está diretamente relacionada a fatores ambientais, são eles: intemperismo do material de origem, invasão das zonas costeiras pela água do mar, acúmulo de sais carreados pelo escoamento superficial ou drenagem lateral de áreas vizinhas, ascensão capilar dos sais e o acúmulo de sais causado pela drenagem de áreas mais altas. Os fatores antrópicos, aqueles causados pela ação do homem são: acúmulo de sais causados pelo uso de água de irrigação contendo sais (água de baixa qualidade) e ascensão do lençol freático por conta de uma drenagem ineficiente ou uma super-irrigação.

Dentre os fatores mencionados anteriormente, a irrigação e a drenagem ineficiente são um dos principais causadores da salinização do solo, pois uma vez que há a entrada de sais via água de irrigação e não há remoção deles via drenagem, há o acúmulo dos mesmos na região da rizosfera (MIRJAT et al., 2014). As regiões áridas e semiáridas são as que possuem o maior risco de salinização devido à baixa precipitação e altas taxas de evaporação. No mundo, segundo a FAO (2011) cerca de 45 dos 230 milhões hectares, o que corresponde a 19,5 %, enfrentam problemas com salinidade. No Brasil de acordo com Ribeiro et al. (2016) solos salinos e/ou sódicos ocorrem na região semiárida do nordeste brasileiro, assim como em algumas regiões do Rio Grande do Sul e do Pantanal Mato-Grossense. No Brasil esses solos representam cerca de 2 % ou  $160.000 \text{ km}^2$  do território nacional (RIBEIRO et al., 2003).

Segundo Parihar (2015); Azad (2014) a presença de sais nos solos afeta o crescimento das plantas por várias razões, são elas: estresse hídrico ou osmótico, que está diretamente relacionada com a redução da absorção de água pela planta; desequilíbrio iônico; choque hiperosmótico, diminuição da atividade química da água e com isso perda da turgescência celular; redução do volume do estroma presente no cloroplasto e geração de espécies reativas de oxigênio. O acúmulo de sais no solo proporciona uma redução do potencial osmótico do solo, assim como a alteração no pH, desbalanceamento nutricional e desestruturação dos agregados do solo (MEDEIROS et al., 2016).

### **2.2.2. Estresse Salino: Componentes e Efeitos sob as Plantas**

O efeito da salinidade nas plantas ocorre devido à presença de 3 componentes: o osmótico, iônico e oxidativo; os quais atuam de maneira conjunta e alteram o metabolismo celular. O componente osmótico é resultado da presença de altas concentrações de sais presentes na solução do solo, cujos sais reduzem os potenciais hídricos e osmótico da solução gerando assim uma menor disponibilidade de água e nutrientes para planta. Este aumento, pode atingir valores superiores àqueles encontrados no interior da planta ocasionando uma não-absorção de água mesmo em solos úmidos (ALVES et al, 2011; DIAS et al., 2016). Segundo Willadino e Camara (2010), os principais efeitos deste componente sobre a planta são: redução da taxa de emissão de novas folhas e morte das folhas velhas, redução na produção de sementes e morte da planta, dependendo do tempo de exposição ao estresse, assim como da tolerância da planta.

Um outro componente do estresse salino é o iônico, o qual segundo Munns e Tester (2008) refere-se aos desequilíbrios iônicos e/ou efeitos tóxicos causados pela absorção de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  ao metabolismo vegetal. De acordo com Zhu (2003) e Cavalcante et al., (2010) o acúmulo de íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  pode gerar distúrbios, pois altera a relação  $\text{Na}/\text{K}$  provocando reduções nas atividades enzimáticas. Segundo Willadino e Camara (2010), quando a concentração de  $\text{Na}^+$  no citosol fica muito elevada o mesmo substitui o  $\text{Ca}^{+2}$  das membranas celulares alterando assim a permeabilidade da mesma. É importante ressaltar, que o cálcio está incluído na transdução do sinal de onde está ocorrendo o estresse, sendo assim de grande importância para a homeostase do tecido (TURKAN; DEMIRAL, 2009). Duarte et al. (2013) citam como principais sintomas de toxicidade causada por  $\text{Na}^+$  queimaduras ou necrose dos bordos da folha que se estendem até os espaços entre as nervuras; já com relação ao  $\text{Cl}^-$ , estes mesmos autores relatam, necroses nas pontas das folhas progredindo ao longo das bordas e desfolha prematura. Silva et al. (2017) destacam ainda o comprometimento da abertura e fechamento dos estômatos, a redução do crescimento foliar, diminuição da produção de biomassa devido à presença de altas concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas folhas, gerando assim a diminuição do teor relativo de água, pressão de turgor e o potencial hídrico celular.

Por outro lado, o componente oxidativo, assim definido por Machado et al. (2009), como o desequilíbrio entre o desafio oxidativo e a capacidade de defesa antioxidante do organismo. Durante condições de estresse, sendo o salino um dos mais importante, os níveis das Espécies Reativas de Oxigênio ERO's (superóxido  $\text{O}_2^-$  e peróxido de hidrogênio  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) aumenta o que potencialmente resulta na oxidação de moléculas de DNA, proteínas e lipídios

(KRISHNAMURTHY; RATHINASABAPATHI, 2013). As plantas possuem mecanismos para neutralizar esses agentes, sendo os principais as enzimas: superóxido desmutase, catalase, peroxidase, ascorbato peroxidase e a glutatona redutase (CHAKRABORTY et al., 2015). Entretanto, a neutralização que ocorre por essas enzimas, pode ser alterada ocasionando assim, o estresse oxidativo.

Al-Khaliel (2010) destaca que a planta sob condições de estresse salino intenso tende a acelerar o seu metabolismo e produzir determinados compostos, como por exemplo sacarose, a fim de sintetizar aminoácidos, com destaque para a prolina e acumular dentro das células para reduzir o potencial hídrico e manter o equilíbrio osmótico celular. Este mesmo autor, ao analisar a influência de micorrizas na tolerância de plantas de amendoim submetidas a diferentes níveis de estresse salino, concluiu que as plantas que foram inoculadas obtiveram valores de peso fresco e massa seca superiores, quando comparado com as que não receberam inoculação.

Agarwal (2015) ao analisar a influência da salinidade em dois genótipos de soja (*Glycine max L.*) constatou que houve uma redução no crescimento e na produtividade de ambos genótipos, à medida que os níveis de salinidade aumentaram. Peng et al. (2016) ao analisarem o comprimento, a resistência da fibra e o micronaire (medida da permeabilidade do ar em fibras de algodão comprimidas) em plantas de algodão, constataram que todas as variáveis diminuíram à medida que a salinidade no solo aumentou. Os autores sugerem que essa diminuição ocorreu devido à redução do conteúdo de celulose, uma vez que o acúmulo de sais na planta reduz a síntese desse componente. YU et al. (2015) constataram que plantas de *Mentha canadensis L.* (planta nativa da América do Norte, utilizada para produção de óleo essencial) submetidas a diferentes níveis de estresse salino tiveram uma redução de cerca de 89 % na produção de óleo essencial. Os autores atribuem essa redução a um maior gasto energético por parte da planta gerando, uma menor disponibilidade de carbonos para síntese de óleos essenciais. Eles reiteram que, o estresse salino provoca o envelhecimento e o murchamento das folhas, reduzindo assim a quantidade de folhas mais jovens, folhas estas responsáveis pela maior síntese e acúmulo destes óleos.

Graciano et al. (2011) ao avaliarem o efeito da salinidade sob a cultivar de amendoim BR1 constataram que houve uma redução na altura, número de folhas e diâmetro da haste principal de exemplares desta cultivar. Foi observado também, maiores valores de massa de raiz, uma vez que a salinidade aumentou, elucidando que a planta investiu no desenvolvimento do sistema radicular, provocando o aumento de absorção de água e

nutrientes. Sousa et al. (2014) ao analisarem plantas de amendoim fertirrigadas com biofertilizante bovino sob diferentes níveis de salinidade, constataram que houve uma redução da área foliar, matéria seca total, diâmetro do caule, altura da planta e matéria seca da raiz. Entretanto, a redução nessas variáveis foi menor nas plantas que receberam o biofertilizante bovino, pois ele aumenta a fertilidade do solo além de funcionar como promotor de crescimento. Estas observações se assemelham as encontradas por Lima et al. (2014) ao avaliarem o cultivo de mamoneira (*Ricinus communis*) sob diferentes níveis de salinidade; além destas variáveis os autores encontraram reduções na massa total de sementes proporcionando uma redução da produtividade da cultura.

Bustingorri e Lavado (2011) observaram resultados semelhantes ao avaliar plantas de soja sob diferentes níveis de salinidade. Estas reduções estão diretamente relacionadas ao dispêndio de energia utilizado pelas plantas para absorção de água e nutrientes em condições de estresse salino. De acordo com Dias et al. (2016) a salinidade limiar do amendoim é de  $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ , ou seja, valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo maior do que este causará danos ao desenvolvimento da planta.

Com frequência, os problemas com salinidade no solo estão diretamente relacionados a água de irrigação, a presença de lençol freático não controlado e a um sistema de drenagem ineficiente, associados a evaporação superior à precipitação (MEDEIROS et al., 2010). Entretanto, de acordo com Aldakheel (2011), a concentração total de sais da água de irrigação não deve ser considerada como fator crucial na escolha da água para irrigação; pois mesmo águas com altos teores de sais podem ser utilizadas para irrigação sem o risco de causar reduções na produtividade e salinizar o solo, desde que técnicas de manejo da irrigação sejam empregadas.

### **2.2.3. Relações Hídricas em Plantas sob Estresse Salino**

#### **2.2.3.1. Potenciais na planta**

O potencial hídrico é uma medida da energia livre da água, o qual pode ser utilizado para determinar o estado hídrico das plantas. É determinado pelo somatório dos potenciais de pressão, osmótico e gravitacional (ao qual é geralmente desprezado dentro de folhas e raízes). Há ainda o potencial matricial, entretanto, no tecido vegetal ele possui um papel semelhante ao exercido pela pressão hidrostática sendo, portanto, insignificante (KERBAUY, 2008; MARENCO; NELIS, 2011).

O potencial de pressão, que muitas vezes é chamado de pressão de turgor, resulta da

água que chega ao protoploasto e o pressiona contra a parede celular ao qual resiste à expansão. A pressão de turgor, possui geralmente valores positivos, porém valores negativos deste mesmo potencial são encontrados nos vasos do xilema e esses valores são geralmente chamados de tensões. Eles ocorrem durante o dia devido a evapotranspiração, por outro lado esses valores durante a noite podem torna-se negativos devido à pressão radicular (KERBAUY, 2008; MARENCO; NELIS, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2017).

O potencial osmótico, por sua vez, possui sempre valores negativos. Pois, ele expressa a redução da atividade das moléculas de água devido ao efeito dos solutos dissolvidos principalmente nos vacúolos. Em condições de água pura o seu valor é zero, porém na maioria dos vegetais o seu valor varia de -0,1 a -0,3 MPa. O potencial osmótico, para soluções ideais ou diluídas de substâncias não dissociáveis pode ser estimado através da equação de Vant't Hoff, a qual correlaciona a constante dos gases, a temperatura absoluta em graus Kelvin e a concentração de soluto na solução (KERBAUY, 2008; MARENCO; NELIS, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2017; NOBEL, 2005).

O potencial hídrico em plantas de amendoim cultivadas sob irrigação varia entre -1,2 e -1,3 MPa, por outro lado em estudos realizados em plantas de amendoim sob estresse hídrico foram observados valor entre -3,0 e -5,0 MPa (BENNETT et. al., 1984; BOOTE; KETRING, 1990). Erickson e Ketring (1985) ao analisarem a variação temporal do potencial hídrico, observaram valores mais altos no início da manhã (quando os déficits de radiação solar e pressão de vapor são menores), valores mais baixos próximos ao meio dia e um aumento gradual depois do meio dia. Em um estudo realizado por Santos et. al. (2012) observou uma redução de 1,04 MPa no potencial osmótico em plantas de amendoim a cada aumento unitário da condutividade elétrica da pasta saturada do solo. Segundo os autores, este comportamento pode entendido como uma estratégia da planta para se adaptar ao estresse salino. Esses valores foram próximos aos encontrados por Chakraborty et. al. (2016) ao analisar o comportamento de duas cultivares de amendoim submetidas a estresse salino, entretanto recebendo doses suplementares de potássio. Os autores constataram que a medida que se aumentou as doses suplementares de potássio os efeitos da salinidade foram reduzidos.

### **2.3. Cultura do Amendoim**

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma planta oleaginosa pertencente à família Fabaceae e ao gênero *Arachis*, cuja principal peculiaridade é a emissão das flores na parte



aérea, porém, com o desenvolvimento do fruto em subsuperfície (SOUSA, 2016). O gênero *Arachis* possui cerca de 80 espécies descritas, as quais estão distribuídas desde as costas Brasileira e Uruguiaia até altitudes de 1.450m na região dos Andes e do Noroeste da Argentina (BERTIOLI et al., 2011). O seu fruto é rico em óleo (50 %), proteínas (22-30 %), vitaminas E e do complexo B, sais minerais e carboidratos, sendo uma importante fonte de energia; e aminoácidos para alimentação humana (MACÊDO, 2007).

Segundo Inforzato; Tella (1960), o amendoim é uma planta anual, herbácea, pubescente, com porte ereto ou rasteiro. Ela possui o sistema radicular do tipo pivotante e vigorosa, ao qual pode atingir profundidades superiores a 1,30 m. Da raiz principal ramificam várias raízes laterais, que se subdividem e formam um conjunto bastante ramificado, entretanto concentrando-se nos primeiros 30 cm do solo. As cultivares de amendoim são agrupadas de acordo com o hábito de crescimento sendo o grupo Valência, com cultivares de hábito de crescimento ereto, e o Virgínia com cultivares de hábito de crescimento rasteiro.

Nas variedades de porte rasteiro a haste principal cresce cerca de 20 a 30 cm, já nas variedades de porte ereto atinge valores entre 50 e 60 cm de altura (GODOY et al., 2005). As folhas são alternadas com pecíolos longos e compostas por quatro folíolos ovalados, biparipenados (CENTURION; CENTURION, 1998). As suas flores são amarelas, férteis, hermafroditas, autógamas e estão distribuídas em número variável ao longo do ramo principal e secundários (CRIAR E PLANTAR, 2018).

Os frutos são do tipo legume de cor palha e superfície reticulada, a casca representa em torno de 30 % do peso dos frutos secos (CENTURION; CENTURION, 1998). A semente, que varia em número e tamanho de acordo com a cultivar, possui a película comumente na cor vermelha, rosa ou castanha (GODOY et al., 2005). O ciclo do amendoim varia de 85 dias, para as variedades mais precoces, a 120 dias para as mais tardias. A variedade BR1, considerada precoce, possui um ciclo produtivo de 90 dias passando por 9 estágios fenológicos (ciclo inerente a todas as cultivares). Estes estágios são: germinação, emissão das primeiras folhas tetrafolioladas, emissão dos ramos secundários, início da floração, aparecimento do ginóforo, alongamento do ginóforo, início da formação da vagem, final da floração e maturação completa (SANTOS, 1997).

De acordo com dados do USDA (2018) a produção de amendoim na safra 2017/18 girou em torno de 45,71 milhões de toneladas no mundo, das quais 0,51 milhões foram produzidas no Brasil. A produtividade nesta mesma safra obteve valores médios de 1,74 t/ha

e 3,69 tha<sup>-1</sup> no mundo e no Brasil respectivamente. As projeções para a safra 2018/19 será de um decréscimo da produção atingindo valores de 42,69 milhões de toneladas no mundo e um acréscimo no Brasil atingindo valores de 0,53 milhões de toneladas. Os maiores produtores de amendoim no mundo são China, Índia, Nigéria e Estados Unidos. No Brasil, a região sudeste é a maior produtora, sendo São Paulo o estado que concentra cerca de 70 % da produção nacional, seguida pela região Nordeste que concentra 28 % (EMBRAPA, 2018). De acordo com a Conab (2018) o plantio do amendoim no Brasil se divide em dois períodos distintos, a 1º safra que inicia em outubro e termina em fevereiro e ocorre predominantemente nos estados da região Sul e Sudeste do Brasil. E o plantio de segunda safra que inicia em fevereiro e termina entre julho e agosto, e ocorre predominantemente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil.

#### **2.4. Objetivo Geral**

Avaliar a influência da irrigação por gotejamento através de pulsos em diferentes condições de estresse salino sobre a produção, status hídrico e trocas gasosas na cultura do amendoim.

#### **2.5 Objetivos específicos**

- Avaliar o efeito da irrigação por gotejamento pulsada e contínua com água salobra sobre as relações hídricas do amendoim;
- Avaliar o efeito da irrigação por gotejamento pulsada e contínua com água salobra sobre as trocas gasosas em plantas de amendoim;
- Avaliar o efeito da irrigação por gotejamento pulsada e contínua com água salobra sobre a produção em plantas de amendoim;

## **2.6. Hipóteses**

- Haverá uma maior produção de grãos nas plantas sob manejo pulsado;
- A irrigação por gotejamento pulsada com água salobra proporciona um menor efeito dos sais sob o status hídrico da cultura do amendoim.
- A irrigação por gotejamento pulsada com água salobra proporciona uma menor redução nas trocas gasosas em plantas de amendoim submetidas a diferentes níveis de estresse salino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELGHANY, A. R. EID. **Study the Performance of Pulse Drip Irrigation in Organic Agriculture for Potato Crop in Sandy Soils**. 2009. 197 f. Tese (Doutorado) - Cairo University, Cairo, 2009.

AGARWAL, N.; SINGH, A.; ASHOK, K. Salinity Effects on Growth and Productivity of Two Soybean Genotypes (*Glycine max L.*). **Indian Journal of Scientific Research**, v.6, p.59-69, 2015.

ALDAKHEEL, Y. Y. Assessing NDVI Spatial Pattern as Related to Irrigation and Soil Salinity Management in Al-Hassa Oasis, Saudi Arabia. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v.39, n.2, p.171-180, 2011.

AL-KHALIEL, A. S. Effect of Salinity Stress on Mycorrhizal Association and Growth Response of Peanut Infected by *Glomus mosseae*. **Plant, Soil, Environment**, v.56, n.7, p.318-324, 2010.

ALMEIDA, W. F. D.; PAZ, V. P. D. S.; JESUS, A. P.; SILVA, J. S. D.; GONÇALVES, K. S.; OLIVEIRA, A. S. D. Yield of Green Beans Subjected to Continuous and Pulse Drip Irrigation with Saline Water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.7, p.476-481, 2018.

ALMEIDA, W. F.; LIMA, L. A.; PEREIRA, G. M. Drip Pulses and Soil Mulching Effect on American Crisphead Lettuce Yield. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.6, p.1009-1018, 2015.

ALMEIDA, W. F.; PAZ, V. P. S.; JESUS, A. P. C.; SILVA, J. S.; GONÇALVES, K. S.; OLIVEIRA, A. S. Interação entre a Salinidade da Água de Irrigação e o Gotejamento por Pulsos na Cultura do Feijão-vagem. **IV INOVAGRI International Meeting**, 2017.

ALVES, F. A. L.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G. DA; PEREIRA, V. L. A. Efeito do  $\text{Ca}^{2+}$  externo no conteúdo de  $\text{Na}^{+}$  e  $\text{K}^{+}$  em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 602-608, 2011.

ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do Coeficiente de Cultivo para a Cultura do Rabanete através de Lisimetria de Drenagem. **Irriga**. v.22. n.1, p.194-203, 2017.

AZAD, M.; KALAM, A.; HAMID, M.; RAFII, M. Y.; MALEK, M. A. Combining Ability of Pod yield and Related traits of Groundnut (*Arachis hypogaea L.*) under Salinity Stress. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p.1-8, 2014.

BAKEER G.A.A.; EL-EBABI F.G.; EL-SAIDI M.T.; ABDELGHANY A.R.E. Effect of Pulse Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Potato Crop under Organic Agriculture in Sandy Soils. **Misr Journal of Agricultural Engineering**, v.26, n.2, p.736-765, 2009.

BARROS, A. H. C. Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do Conhecimento -Território Mata Sul Pernambucana – Clima. 2011. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_mata\\_sul\\_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h6815n4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h6815n4.html)> Acesso em: 10 Out. 2018.

BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. L.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F. Produção e Qualidade de Frutos de Melão Submetidos a dois Sistemas de Irrigação. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, p.246-250, 2009.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas. Noções Básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BERTIOLI, D.J.; SEJO, G.; FREITAS, F.O.; VALLS, J.F.M.; BERTIOLI, S.C.M.L.; MORETZSOHN, M.C. An Overview of Peanut and its Wild Relatives. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization**, v.9, n.1, p.134-149, 2011.

BRITO, M. E. B.; FILHO, G. D. A.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S.; COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, Fisiologia e Produção do Milho Doce sob Estresse Hídrico. **Bioscience Journal**, v.29, n.5, p.1244-1254, 2013.

BUSTINGORRI, C.; LAVADO, R. S. Soybean Growth under Stable Versus Peak Salinity. **Scientia Agricola**, v.68, n.1, p.102-108, 2011.

CAERDES - Centro de Agroecologia, Energias Renováveis e Desenvolvimento Sustentável. Publicações Técnicas: Formulações de Defensivos Naturais, p.72, 2014. Disponível em <<http://caerdes.blog.br/publicacoes/>> Acesso em: 13 Jul. 2018.

CAVALCANTI, F. L. A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R.; LEITE, J. P.; SILVA, M. C. L.; FREIRE, F. J.; SILVA, D. J.; SOUSA, A. R.; MESSIAS, A. S.; FARIA, C. M. B.; BURGOS, N.; LIMA JÚNIOR, M. A.; GOMES, R. V.; CAVALCANTI, A. C.; LIMA, J. F. V. F. Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco: 2º aproximação. p. 212, 2008.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010

CENTURION, M. A. P. C.; CENTURION J. F. Cultura do amendoim. **Jaboticabal: FCAV – UNESP**. 1998, p.1-24.

CHAGANTI, V. N.; CROHN D. M.; SIMUNEK, J. Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline–sodic soil with moderate SAR reclaimed water. **Agricultural Water Management**. v. 158, p.255–265, 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. 2018. P. 144. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>> Acesso em: 13 Out. 2018.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução. 357, de 17 de março de 2005, v. 357, 2005.

CRIAR E PLANTAR: Amendoim. Generalidades. Disponível em <<http://www.criareplantar.com.br/agricultura/lerTexto.php?categoria=36&id=635>> Acesso em: 21 jul. 2018.

DACCACHE, A.; LAMADDALENA, N.; FRATINO, U. Assessing Pressure Changes in an On-demand Water Distribution System on Drip Irrigation Performance-case Study in Italy. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.136, n.4, p.261–270, 2010a.

DACCACHE, A.; LAMADDALENA, N.; FRATINO, U. On-demand Pressurized Water Distribution System Impacts on Sprinkler Network Design and Performance. **Irrigation Science**, v.28, n.4, p.331–339, 2010b.

DACCACHE, A.; WEATHERHEAD, K.; LAMADDALENA, N. Climate Change and the Performance of Pressurized Irrigation Water Distribution Networks under Mediterranean Conditions: Impacts and Adaptations. **Outlook Agriculture**, v.39, n.4, p.277–283, 2010c.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; NETO, O. N. S.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos Sais na Planta e Tolerância das Culturas à Salinidade. Manejo de Salinidade Aplicado na Agricultura: Estudos básicos e Aplicados. **INCT Sal, 2º edição**. 2016, p. 530.

DUARTE, E. A.; MELO, P. D. A. F.; SANTOS, R. C. Características Agronômicas e Índice de Colheita de Diferentes Genótipos de Amendoim Submetidos a Estresse Hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.17, n.8, p.843-847, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Amendoim BR1, 2016. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157517/1/Amendoim-BR-1.pdf>>, Acesso em: 01 Ago. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Definição e Características. Gerais. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_9\\_2212200611539.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_9_2212200611539.html)> Acesso em: 21 Ago. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solo. **Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de Produção de Amendoim. 2018. Disponível em <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao1f6\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=3803&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=3432](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3803&p_r_p_-996514994_topicoId=3432)> Acesso em: 21 Set. 2018.

ELMALOGLU, S.; DIAMANTOPOULOS, E. Wetting front advance patterns and water

losses by deep percolation under the root zone as influenced by pulsed drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.90(1-2), pp.160-163, 2007.

ERISMANN, N. D. M.; MACHADO, E. C.; GODOY, I. J. Capacidade Fotossintética de Genótipos de Amendoim em Ambiente Natural e Controlado. Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Rome: FAO. 2011, p.50.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Water Quality for Agriculture. **FAO Irrigation and Drainage**, Rome, 1992, p.29.

FERNANDES, E. J. Determinação do Índice de Estresse Hídrico em Cultura do Feijoeiro com Termômetro de Infravermelho. **Irriga**, v.15, n.3, p.248-257, 2010.

FRIZZONE, J. A. Irrigação por aspersão. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 53p. **Série Didática**, v. 3, 1992.

GARCÍA-PRATS, A.; GUILLEM-PICÓ, S. Adaptation of Pressurized Irrigation Networks to New Strategies of Irrigation Management: Energy Implications of Low Discharge and Pulsed Irrigation. **Agricultural Water Management**, v.169, p.52-60, 2016.

GODOY, I. J.; MINOTTI, D.; RESENDE, P. L. Produção de Amendoim de Qualidade. **Viçosa: Centro de Produções Técnicas**. 2005, p.168.

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 BR 1 sob Condições de Salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.15, n.8, p.794-800, 2011.

INFORZATO, R.; TELLA, R. Sistema Radicular do Amendoim. Campinas: **Bragantia**, n.19, v. único, p.119-123. 1960.

KRISHNAMURTHY, A.; RATHINASABAPATHI, B. Oxidative stress tolerance in plants: novel interplay between auxin and reactive oxygen species signaling. **Plant Signaling & Behavior**, v. 8, n. 10, p.257-261, 2013.

LIMA, B. L. C; NASCIMENTO, I.B.; MEDEIROS, J.F.; ALVES, S.S.V.; JEFERSON LUIZ DALLABONA DOMBROSKI, J.L.D. Condutância Estomática e Área Foliar do Meloeiro Cultivado em Diferentes Tipos de Solos e Submetido ao Estresse Salino. **Revista Verde**, v.6, n.2, p.01-06, 2011.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; LOURENÇO, G. S.; SILVA, S. S. Aspectos de Crescimento e Produção da Mamoneira Irrigada com Águas Salinas e Adubação Nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.18, n. 6, 2014.

MACÊDO, M. H. G. Amendoim: Proposta de Preço Mínimo - Safra 2006/2007. **CONAB**, p. 63-73, 2007.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise Quantitativa do Crescimento. In: FERRI, M.G. Fisiologia Vegetal. São Paulo: Universidade de São Paulo. 1979, p. 331-350.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação - Princípios e Métodos. **Viçosa: Editora UFV, 2a. Edição.** 2007, p. 358.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação - Princípios e Métodos. **Viçosa: Editora UFV, 3a. Edição.** 2009, p.53.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, L. B.; GHEYI, H. R. Manejo do Solo-água-plantas em Áreas Afetadas por Sais. Manejo de Salinidade Aplicado na Agricultura: Estudos básicos e Aplicados. **INCT Sal, 2º edição.** p.530, 2016.

MIRJAT, M.S.; MUGHAL, A.Q.; CHANDIO, A. S. Simulating Water Flow and Salt Leaching Under Sequential Flooding Between Subsurface Drains. **Irrigation and Drainage**, v.63, n.1, p.112–122, 2014.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.

NASCIMENTO, J. G. Malhas Coloridas de Sombreamento e Soluções Nutritivas de Fertirrigação na Cultura da Gérbera (*Gerbera jamesonii*) em Ambiente Protegido. 2018. 95f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Usp/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-sp, 2018.

NASCIMENTO, S. P. D.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C.; FREIRE, F. R. F., SILVA, E. M. D. Tolerância ao Déficit Hídrico em Genótipos de Feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.15, n.8, p.853-860, 2011.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. D. Alterações Fisiológicas no Amendoim Submetido ao Estresse Hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.4, n.1, p.41-45, 2000.

OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do Feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob Déficit Hídrico Cultivado em Ambiente Protegido. **HOLOS**, v.1, p.143-151, 2014.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of Salinity Stress on Plants and its Tolerance Strategies: A Review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n.6, p.4056-4075, 2015.

PENG, J.; ZHANG, L.; LIU, J.; LUO, J.; ZHAO, X.; DONG, H.; MA, Y.; SUI, N.; ZHOU, Z.; MENG, Y. Effects of Soil Salinity on Sucrose Metabolism in Cotton Fiber. **PLoS one**, v. 11, n.5, p.1-19, 2016.



PHOGAT, V.; SKEWES, M.A.; MAHADEVAN, M.; COX, J.W. Evaluation of Soil Plant System Response to Pulsed Drip Irrigation of an Almond Tree Under Sustained Stress Conditions. **Agricultural Water Management**, v.118, p.1-11, 2013.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. Fisiologia Vegetal, Práticas em Relações Hídricas Fotossíntese e Nutrição Mineral. **Editora Manole**, Barueri, SP. 2006, p.48.

PRAZERES, S.S.; LACERDA, C.F.; BARBOSA, F.E.L.; AMORIM, A.V.; ARAÚJO, I.C.S.; CAVALCANTE, L.F. Crescimento e Trocas Gasosas de Plantas de Feijão-caupi sob Irrigação Salina e Doses de Potássio. **Revista Agro@ambiente. On-line**, v.9, n.2, p.111-118, 2015.

QUEIROZ, M. G. de; Silva, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 931–938, 2015.

RAHDARI, P.; HOSEINI, S.M. Salinity stress: a review. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v.1, n.3, p.63-66, 2011.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos Halomórficos no Brasil: Ocorrência, Gênese, Classificação, Uso e Manejo Sustentável. In: Tópicos em Ciência do Solo. v.3. **Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p.165-208, 2003.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e Classificação dos Solos Afetados por Sais. Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. **Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade**. 2016, p. 09-16.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. *Agronomy Engineering*, Madison, n. 28, p.451-454, 1947.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. SILVA. Efeito da Irrigação com Água Salina em um Solo Cultivado com o Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.2, p.443-450, 2003.

SANTOS, C. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, P. F.; SILVA, T. V.; SANTOS, M. A. L. Avaliação da Uniformidade de Distribuição de Um Sistema de Irrigação Por Gotejamento em Pimenta. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n.3, p.17-22, 2013.

SANTOS, R. C.; ALBUQUERQUE, P. M. F.; BRITO, S. D. F. M.; MORAES J. S. Fenologia de Genótipos de Amendoim dos Tipos Botânicos Valência e Virgínia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.6, p.607-612, 1997.

SILBER, A.; ISRAELI, Y.; LEVI, M.; KEINAN, A.; SHAPIRA, O.; CHUDI, G.; GOLAN, A.; NOY, M.; LEVKOVITCH, I.; ASSOULINE, S. Response of ‘Hass’ Avocado Trees to Irrigation Management and Root Constraint. **Agricultural Water Management**, v.104, p.95-103, 2012.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O. Avaliação do desempenho de métodos de estimativa de evapotranspiração potencial para região norte de Recife-PE. **Engenharia na agricultura**, v. 20, n.2, p.163-174, 2012.

SILVA, B. E. P.; COSTA, A. V. L.; SIMMI, F. Z.; REOLON, F.; DEUNER, S.; MORAES, D. M. de. Estresse oxidativo em plantas de aveia branca submetidas à salinidade. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p.1680-1694, 2017.

SOUSA, G. G.; LIMA, F. A.; GOMES, K. R.; VIANA, T. V. A.; COSTA, F. R. B.; AZEVEDO, B. M.; MARTINS, L. F. Irrigação com Água Salina na Cultura do Amendoim em Solo com Biofertilizante Bovino. **Nativa**, v.2, n.2, p.89-94, 2014.

SOUSA, G. G.; RODRIGUES, V. S.; SOARES, S. C.; DAMASCENO, I. N.; FIUSA, J. N.; SARAIVA, S. E. L. Trocas Gasosas em Plantas de Soja Irrigadas com Águas Salinas em Solo com Biofertilizante Bovino. **IV INOVAGRI International Meeting**, p.1-9, 2017.

SOUSA, G. M. C. Estudo da Planta de Amendoim. USP/ESALQ – LPV-506: Plantas Oleaginosas. 2016, p. 20.

TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; GENTELINI, D. P.; FILHO, A. G.; KONOPATSKI, E. A. Uso do Forno de Microondas na Determinação da Umidade em Diferentes Tipos de Solo. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 29, n. 3, p.529-538, 2008.

TESTEZLAF, R. Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações. - Campinas, SP.: Unicamp/FEAGRI. 2017, p. 215.

TÜRKAN, I.; DEMIRAL, T. Recent developments in understanding salinity tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, p.2-9, 2009.

USDA – United States Department of Agriculture. World Agricultural Production, 2018. Disponível em <<https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>> Acesso em: 15 out. 2018.

USSL STAFF - United States Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Washington: U.S. **Department of Agriculture**, Handbook 60, 160p, 1954.

VEYSI, S.; NASERI, A. A.; HAMZEH, S.; BARTHOLOMEUS, H. A Satellite Based Crop Water Stress Index for Irrigation Scheduling in Sugarcane Fields. **Agricultural Water Management**, v.189, p. 0-86, 2017.

VYRLA, P.; SAKELLARIOU, M. Intermittent Water Application Through Surface and Subsurface Drip Irrigation. **ASAE Annual International Meeting**. 2005, p.1.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, p. 1-23, 2010.

WORLD ATLAS. World Production of Oilseeds, By Type. Disponível em:

<<https://www.worldatlas.com/articles/world-production-of-oilseeds-by-type.html>> Acesso em: 01 Dez. 2018.

YU, X.; LIANG, C.; CHEN, J.; QI, X.; LIU, Y.; LI, W. The Effects of Salinity Stress on Morphological Characteristics, Mineral Nutrient Accumulation and Essential Oil Yield and Composition in *Mentha canadensis* L. **Scientia Horticulturae**, v.197, p.579-583, 2015.

ZAMORA, V. R. O. **Gotejamento por Pulsos sob Cinco Lâminas de Fertirrigação na Produtividade da Cultura do Coentro**. 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

ZHU, J.K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Curr.Opin. Plant Biol.** v. 6, p.441–445, 2003.

## **CAPÍTULO II**

---

### **WATER RELATIONS OF PEANUT IRRIGATED WITH BRACKISH WATER UNDER PULSED DRIPPING.**

# WATER RELATIONS OF PEANUT IRRIGATED WITH BRACKISH WATER UNDER PULSED DRIPPING.

Alan Henrique Santos Silva<sup>a</sup>, José Amilton Santos Júnior<sup>a</sup>, Manassés Mesquita da Silva<sup>a</sup>, Gerônimo Ferreira da Silva<sup>a</sup>, Ruana Iris Fernandes Cruz<sup>a</sup>, Salomão de Souza Medeiros<sup>b</sup>, Martiliana Mayani Freire<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Agricultural Engineering Department, Rural Federal University of Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife, Brazil*

<sup>b</sup> *INSA – Instituto Nacional do Semi-Árido, Avenida Francisco Lopes de Almeida s/n, Serrotão, CEP: 58434-700, Campina Grande, Brazil*

<sup>c</sup> *Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/ USP, Avenida Pádua Dias, 235, Agronomia, CEP 13418-900, Piracicaba, Brazil*

**ABSTRACT:** An efficient water management in irrigation is essential to optimize water efficiency, especially when using brackish water. Thus, this work was carried out aiming to evaluate grain and pod production based on the water relations of peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish waters (EC = 0.12; 1.6; 2.8; 4.0 and 5.2 dS m<sup>-1</sup>) via pulsed or continuous dripping. It was used an experimental randomized block design in a 5x2 factorial scheme with four replications, adding up to forty experimental units. The experiment was carried out at the Fertigation and Salinity Laboratory - DEAGRI/UFRPE, and the plants were grown in drainage lysimeters in open fields between September and November 2019. The data for grain and pod production (g plant<sup>-1</sup>); water use efficiency (g mm<sup>-1</sup>); instant water use efficiency - A/E (μmol CO<sub>2</sub>/mmol H<sub>2</sub>O); intrinsic water use efficiency - A/gs (μmol CO<sub>2</sub>/mmol H<sub>2</sub>O); stomatal conductance - gs (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); transpiration - E (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); leaf water potential (MPa); osmotic potential (MPa); osmotic adjustment (MPa); leaf succulence (g of H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>) and relative water content (%) were subjected to the analysis of variance at the level of 0.05 probability. It was found that the use of pulsed irrigation did not mitigate the deleterious effects of salinity, but it provided greater grain and pod production compared to continuous dripping. It was also found that the use of brackish water by pulsed dripping provides greater water use efficiency compared to continuous dripping. Moreover, the increase in the electrical conductivity of the water affected the water, pressure and osmotic potentials, along with the osmotic adjustment.

**Keywords:** *Arachis hypogaea*; water management; salinity.

## INTRODUCTION

Peanut (*Arachis hypogaea*) is the 5<sup>th</sup> most produced oilseed in the world, with production exceeding 46 million tons in the 2018/2019 season. It has been grown in developed and underdeveloped countries, and its largest producers are China, India, Nigeria and the United States (FAO, 2018; USDA 2019). In Brazil, its production occurs mainly in the southeastern region, and it is responsible for more than 90% of the national production, which is around 0.4 million tons (CONAB, 2019). In the Northeast, its production occurs mainly in the states of Bahia, Ceará and Paraíba, in small areas, and it is usually intercropped and in the rainy season (CONAB, 2019; SANTOS et al., 2005).

In that part of Brazil, the annual precipitation rate is lower than evaporation, so there is a greater risk of soil salinization due to the use of low-quality water, which in many cases come from dams and/or artesian wells, associated with an inefficient and in most situations nonexistent drainage system (MIRJAT et al., 2014; SILVA & AMARAL, 2007). In the irrigated perimeters of the Northeast of Brazil, around 25% of the soil is already affected by salts (FAO, 2006). According to Chinnusamy et al. (2005), soil salinity is one of the main abiotic stresses present in those areas, and it directly affects crop productivity and quality.

According to Dias & Blanco (2010), the effects of salts on the plant may be caused by the toxicity of specific ions, the difficulty in absorbing water as well as by the interference of salts in physiological processes. However, the plant's response to different levels of salinity comprises a very complex phenomenon, which involves biochemical, physiological, morphological and growth changes (GRACIANO et al., 2011). According to Munns & Termaat (1986), plants under saline conditions may develop adaptive processes that involve absorption, transport and ion distribution in their organs, along with the compartmentalization of mineral nutrients within the cells.

Therefore, stomatal closure is one of the first mechanisms used by the plant under salt stress, which leads to a reduction in the photosynthetic capacity as well as to carbon fixation, directly affecting production (SILVA et al., 2008, LONG & BAKER, 1986). However, the reduction in photosynthesis under salinity conditions may also be related to the decrease in the amount of chlorophyll, for plants under salt stress increase photosynthetic pigments when tolerant, and reduce when sensitive (JAMIL et al., 2007).

Pulsed irrigation is defined by the application of the water depth in an on/off cycle, and it stands out as an alternative to mitigate the effects of salts on the plant. Studies have

highlighted the positive effects of pulsed irrigation on the product quality along with increasing production and reducing the amount of water used during cultivation (ALMEIDA et al., 2018).

Studies regarding the use of brackish water along with pulsed irrigation management are still scarce. Therefore, this study aims to analyze gas exchanges and the water status of peanut plants under increasing levels of salinity and the application of the irrigation depth via pulses.

## MATERIAL E METHODS

The experiment was carried out between September and November 2019, in drainage lysimeters arranged in an open field, at the Fertigation and Salinity Laboratory - DEAGRI/UFRPE, Campus Dois Irmãos, Recife - Pernambuco (08° 01 '05' 'S, 34° 56 '48' 'W and 6.5 m of altitude).

The experimental units consisted of drainage lysimeters of 288 liters, adapted with a drainage system at the bottom. Each unit presented an internal diameter at the upper edge of 0.70 m and a 0.75 m height, and it was placed on a 0.40 m high concrete box, which was 1.0 m equidistant in all directions. The lysimeters were filled with a 7 cm layer of gravel, size 4 (25 mm), at the bottom; a geotextile blanket, and a 195 kg dried mass of soil, with a density of 1.5 kg dm<sup>-3</sup>.

The soil was collected in the City of Goiana-PE (7°33'38"S and 35°00'09" O, average altitude of 13 m) and characterized (EMBRAPA, 2017) as a sandy-loam soil, with average values for sand, silt and clay of 952 g kg<sup>-1</sup>, 22 g kg<sup>-1</sup> and 26 g kg<sup>-1</sup> respectively; a 1.5 kg dm<sup>-3</sup> density and a 43.6% total porosity. It was also verified 0.038 g g<sup>-1</sup> in the maximum water retention capacity by the soil in the lysimeter (% FC) and 0.025 g g<sup>-1</sup> in the permanent wilting point (PWP). The following values were also quantified according to the Filiziola's methodology (2006): pH<sub>1:2.5</sub> in water (6.5), P (5.03 mg dm<sup>-3</sup>), K<sup>+</sup> (0.07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Ca<sup>+2</sup> (1.75 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg<sup>+2</sup> (0.55 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Na<sup>+</sup> (0.08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Al<sup>+3</sup> (0.00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), H+Al (0.69 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), CO (3.21 g kg<sup>-1</sup>) and MO (5.53 g kg<sup>-1</sup>).

Regarding mineral sowing fertilization, 15 kg ha<sup>-1</sup> of N in the form of ammonium sulfate, 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in form of simple superphosphate and 30 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O in the form potassium chloride were applied, following the recommendation of Ribeiro, Guimarães and Alvarez (1999). At 15 DAP, a topdressing fertilization was performed with 15 kg ha<sup>-1</sup>

of N and 30 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. The micronutrients were supplied by foliar fertilization (Amino Agross) at 20 DAP, as recommended by the product's label for peanuts.

The treatments consisted in the cultivation of peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish waters (EC = 0.12; 1.6; 2.8; 4.0 and 5.2 dS m<sup>-1</sup>) via pulsed drip or continuous. The experimental design adopted was in randomized blocks, analyzed in a 5x2 factorial scheme, with four replications, adding up forty experimental units.

The irrigation system consisted of two self-compensating drippers per lysimeter with a nominal flow of 2.0 L h<sup>-1</sup> each, and an application rate of 10.4 mm h<sup>-1</sup>. Solenoid valves, filters, 0.5 CV pumps, water tanks and other components were also used. An Arduino-type micro-controller was used to automate the system, which was responsible for opening and closing the solenoid valves at the appropriate times.

The brackish waters were prepared by solubilizing NaCl (Richards, 1954) in the water supply (CEa = 0.12 dS m<sup>-1</sup>) up to reaching the electrical conductivities pre-established, according to the treatments. As for water management, a two-day irrigation shift was established to replace soil water moisture up to the maximum water retention capacity of the lysimeter (% FC). After calculating the current soil moisture (Tavares et al., 2008) the irrigation depth was determined according to the methodology of Mantovani et al. (2009).

Ten peanut seeds, cultivar BR-1, were distributed at 0.05 m of soil depth. They were placed and kept at maximum water retention capacity of the lysimeter's soil, with EC water = 0.12 dS m<sup>-1</sup>, up to 20 days after planting (DAP) and the brackish waters were only applied after 20 DAP, according to each treatments. Thinning was performed every 10 DAS, until one plant per lysimeter was left in 20 DAS.

Meteorological variables were monitored during the experimental period (Figure 1) and phytosanitary problems were monitored and controlled with products based on Deltamethrin and Metomil.



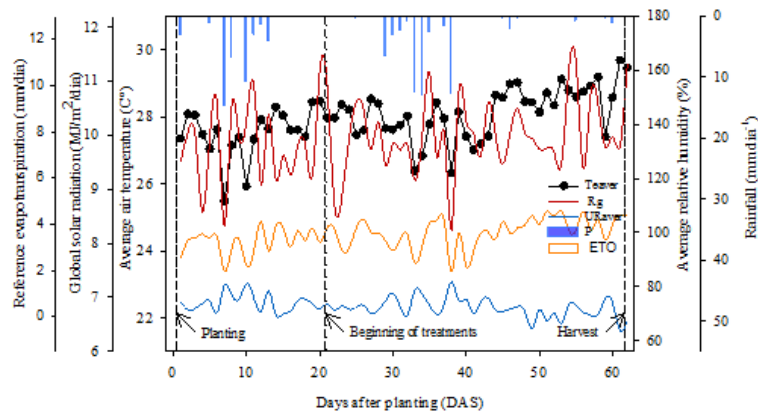


Figure 1. Reference evapotranspiration ( $\text{mm day}^{-1}$ ), solar radiation ( $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ), average air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), average relative humidity (%), rainfall ( $\text{mm day}^{-1}$ ) between September and November 2019, Recife-PE.

Sixty days after planting, the following variables were analyzed, according to WEATHERLEY (1950): (i) Production of grains and pods - PGP ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ); (ii) Water use efficiency - EF-FGP ( $\text{g mm}^{-1}$ ); (iii) Instant water use efficiency - A/E [ $\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$ ]; (iv) Intrinsic water use efficiency - A/gs [ $\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$ ]; (v) Stomatal conductance - gs [ $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ], (vi) Plant transpiration - E [ $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ], (vii) Leaf succulence - LF [ $\text{g H}_2\text{O dm}^{-2}$ ] (DELFF, 1912) and (viii) Relative water content - TRA (%).

PGP was calculated by the sum of the pods obtained by area; EF-PGP was estimated by the ratio between the total water depth applied and the production of green grains and pods; A E, A/gs, gs, and E were determined using an infrared gas analyzer, with the photosynthetic photon flow adjusted to  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , between 9 and 11 am (IRGA, Model Li-6400xt, LI-COR).

It was also determined (ix) the leaf water potential -  $\Psi_h$  (MPa), (x) the osmotic potential -  $\Psi_o$  (MPa), (xi) the pressure potential -  $\Psi_p$  (MPa), which was determined based on the difference between  $\Psi_h$  and  $\Psi_o$ ; and the (xii) Osmotic adjustment – OA.

The  $\Psi_h$  was determined by the use of a Scholander Pressure Chamber, (model 1515D Pressure Chamber Instrument - PMS Instrument Company), early in the morning, from 1:30 to 4:30, at the experiment site. Leaves were collected at the reproductive stage (R1) of the plant and exposed to constant flow pressures, until the sap was about to leak, and then the pressure was recorded.

Regarding  $\Psi_o$ , the same leaves used to determine  $\Psi_h$  were wrapped in aluminum foils and stored at  $4^{\circ}\text{C}$ . Later, they were macerated in a pistil mortar and the sap obtained

was filtered and then centrifuged at 10,000 g for 10 minutes at 4°C. A 10 µL aliquot of the supernatant was used to determine the tissue osmolality in a vapor pressure osmometer (VAPRO WESCOR Model 5600) (SILVEIRA et al., 2009). The values obtained in millimol per kilogram were turned into osmotic potential using the Van't Hoff Equation ( $\psi_o = -R T C$ ) where R is the general gas constant (0.008314 MPa kg K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>); T is the temperature (K), and C is the solute concentration, expressed in mol kg<sup>-1</sup>.

For OA, at the time of leaf collection for the determination of water potential, other nearby and similar leaves were also collected. In the laboratory, they were put to saturate in petri dishes (completely filled with distilled water) for 24 hours at 4°C in the dark.

After reaching a complete turgor, they were dried with paper towels and macerated with liquid nitrogen, in a mortar with a pestle. The extracted sap was filtered, packed in a microtube and centrifuged at 10.000 g for 10 minutes at 4°C.

The osmolality reading was performed on an osmometer (VAPRO WESCOR model 5600) in the supernatant remaining from the centrifugation. A 10 µL aliquot of the supernatant was used to determine tissue osmolality in a vapor pressure osmometer (SILVEIRA et al., 2009).

Finally, the values obtained in millimol per kilogram were turned into MPa using the Van't Hoff equation. The Osmotic adjustment was determined by the difference between the osmotic potential of the control plants and the stressed plants  $OA = (\psi_{oc}^{100} - \psi_{os}^{100})$ , which OA is osmotic adjustment;  $\Psi_{oc}^{100}$  is the osmotic potential of control plants at full turgor; and  $\Psi_{os}^{100}$  is the osmotic potential of plants stressed at full turgor.

The data were submitted to the analysis of variance by the F test at the level of 0.05 of probability, using the statistical software SISVAR (FERREIRA, 2011). In cases, the electrical conductivity levels of the irrigation water (ECw) provided a significant effect, the results were compared through a regression analysis. In cases, pulsed or continuous dripping significantly influenced the variables, the results were compared using a mean-test (Scoot-knott).

## **RESULTS AND DISCUSSION**

The interaction between the use of brackish water and its management, by pulse or continuous, provided significant variation ( $p < 0.05$ ) on the water use efficiency in the production of grains and pods (EF-PGP) and on the leaf succulence (LS). The results

regarding the production of grains and pods (PGP), the instant water use efficiency (A/E), stomatal conductance (gs) and transpiration (E) were influenced ( $p < 0.01$ ) by the increase in electrical conductivity of the irrigation water, as well as PGP, EF-PGP and LS were affected only ( $p < 0.05$ ) by water management (Table 1).

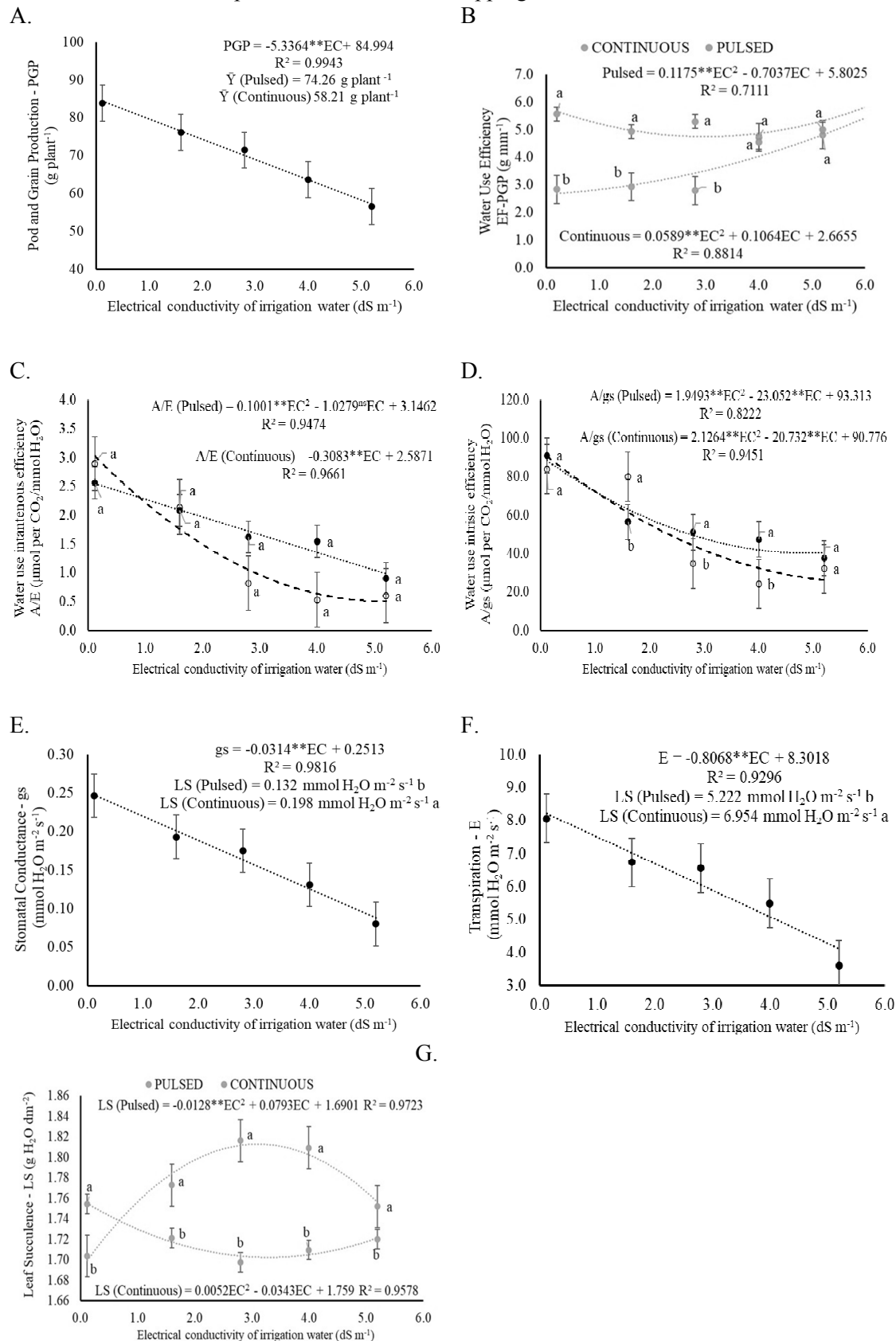
Table 1. Summary of the analysis of variance for grain and pod production (PGP), water use efficiency (EF-PGP), instant water use efficiency (A/E), intrinsic water use efficiency (A/g<sub>s</sub>), stomatal conductance (g<sub>s</sub>), transpiration (E) and leaf succulence (LS) in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping.

Source of Variation	Mean Square							
	DF	PGP	EF-PGP	A/E	A/g <sub>s</sub>	g <sub>s</sub>	E	LS
EC <sub>w</sub>	4	3091 <sup>**</sup>	4.640 <sup>**</sup>	3.610 <sup>**</sup>	2292 <sup>**</sup>	0.023 <sup>**</sup>	16.59 <sup>**</sup>	0.001 <sup>ns</sup>
R Linear	1	-	17.13 <sup>ns</sup>	14.03 <sup>**</sup>	7980 <sup>**</sup>	0.093 <sup>*</sup>	61.72 <sup>**</sup>	0.000 <sup>ns</sup>
R Square	1	-	5.60 <sup>**</sup>	0.386 <sup>ns</sup>	12.10 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	2.197 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>
Management (G)	1	1017 <sup>**</sup>	21.28 <sup>**</sup>	0.894 <sup>**</sup>	1767 <sup>**</sup>	0.032 <sup>**</sup>	22.51 <sup>ns</sup>	0.018 <sup>**</sup>
EC <sub>w</sub> x G	5	52.72 <sup>ns</sup>	3.090 <sup>**</sup>	0.934 <sup>**</sup>	2794 <sup>**</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	1.004 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>**</sup>
Residue	18	28.49	0.20	0.063	13.92	0.002	0.558	0.001
CV (%)		8.06	9.76	16.11	6.12	9.04	12.27	1.97

\*\* : significant at 1%, \* : significant at 5%, ns: not significant by the F test at the 0.05 probability level. DF: degrees of freedom. CV (%): coefficient of variation. Residue analysis was performed for all significant regressions with results at normal limits in the range (3; -3).

The estimated reduction in PGP for each  $\text{dS m}^{-1}$  increased by irrigation water was of  $5.33 \text{ g plant}^{-1}$ , and the estimated gain by pulsed dripping was around 27.57%. Under the  $0.12 \text{ dS m}^{-1}$  EC<sub>w</sub> the estimated production was  $84.35 \text{ g plant}^{-1}$ , with an absolute loss of 32.13% being estimated when compared to the PGP of plants under  $5.2 \text{ dS m}^{-1}$  (Figure 2A). The non-occurrence of an interactive effect between EC<sub>w</sub> and irrigation management may be associated to the leaching of salts induced by the pluviometric precipitation to which the plants were exposed (Figure 1).

Figure 2. (A) Grain and pod production - PGP, (B) Water use efficiency - EF-PGP, (C) Instant water use efficiency - A/E, (D) Intrinsic water use efficiency - A/gs (E) Stomatal conductance - gs, (F) Transpiration - E and (G) leaf succulence - LS in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping.



Under pulsed dripping, the water use efficiency was minimal ( $4.7489 \text{ g mm}^{-1}$ ) under an EC<sub>w</sub> estimated at  $2.99 \text{ dS m}^{-1}$ , while under continuous dripping there was a minimum EF-PGP ( $2.61 \text{ g mm}^{-1}$ ) under the EC<sub>w</sub> of  $0.90 \text{ dS m}^{-1}$  (Figure 2B). The biological explanation of the model is associated with the nature of this variable, in other words, once the mass of grains and pods is produced, the increasing limitation of water absorption imposed by the osmotic effect shows a gain in EF-PGP. However, it reflects the deleterious effect of salinity on water absorption and biomass gain, as it observed in the last two levels of EC<sub>w</sub> tested, whose results did not differ, depending on the management adopted (YAN et al., 2016; FREITAS et al., 2017).

Thus, the significant effect ( $p < 0.05$ ) of the interaction between EC<sub>w</sub> and water management on EF-PGP may also be attributed to the irrigation shift adopted every two days and the differences between the intense deposition of salts in each form of management adopted. In other words, even with salt leaching induced by rainfall (Figure 1), the intensity and differences in salt deposition characterized different EF-PGP results depending on the management adopted.

The results of EF-PGP now verified are corroborated by the interactive effect also verified ( $p < 0.05$ ) in the other forms of water use efficiency analyzed, in other words, instant water use efficiency - A/E and the intrinsic water use efficiency - A/g<sub>s</sub>.

When pulsed dripping was used, A/E was minimal ( $0.507 \text{ } \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) in the EC<sub>w</sub> estimated at  $5,134 \text{ dS m}^{-1}$ , as well as for each increment of  $\text{dS m}^{-1}$ , a reduction at a ratio of  $0,3083 \text{ } \mu\text{mol of CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$  when the continuous dripping management was adopted (Figure 2C). On the other hand, the A/g<sub>s</sub> was minimal ( $25,161$  and  $40,242 \text{ } \mu\text{mol of CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) in the EC<sub>w</sub> estimated at  $5,912$  and  $4,874 \text{ dS m}^{-1}$ , when using pulsed and continuous, respectively (Figure 2D).

Thus, there was no difference ( $p > 0.05$ ) in A/E when comparing pulsed and continuous dripping within each EC<sub>w</sub>. However, by analyzing A/g<sub>s</sub>, it was found a significant difference ( $p < 0.05$ ) when comparing pulsed and continuous dripping within the EC<sub>w</sub> levels of  $1.6$ ;  $2.8$ ;  $4.0 \text{ dS m}^{-1}$ . It suggests that at those levels the greatest impact of the pulsed management was on liquid photosynthesis (A).

It is evident, however, that the reduction in net carbon assimilation was also accompanied by a reduction in transpiration (E), and a reduction in stomatal conductance (g<sub>s</sub>), for stomatal control of transpiration imposes diffusive limitations on CO<sub>2</sub>, which may

lead to a decrease in the photosynthetic rate (SILVA et al., 2015).

Therefore, for each  $\text{dS m}^{-1}$  increase in irrigation water, decreases of 0.0314 and 0.8068  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  in the  $g_s$  and  $E$ , respectively, were estimated. It was also found that when comparing them alone  $g_s$  and  $E$  under continuous dripping was up to 1.5 and 1.33 times greater than under pulsed dripping (Figures 2E and 2F).

It explains the deleterious damage of salinity on PGP and the greater EF-PGP, at the same time. It also shows that the form of deposition of salts due to dripping by pulses or continuous also influenced ( $p > 0.05$ ) the process of transpiration at 60 DAP, time for the analysis of the  $A/E$  and  $A/g_s$  ratios.

It is evident, however, that factors such as relative humidity, temperature and radiation may influence the reduction of stomatal conductance and transpiration, which, consequently, affects essential processes for plant survival, such as respiration, transpiration and photosynthesis (SHOCK et al., 2014; SILVA et al., 2015).

On the other hand, EF-PGP highlights the importance of pulsed dripping in brackish water irrigation, as well as the management of water during the crop cycle benefited PGP despite the electrical conductivity of irrigation water. In this specific experiment, it is clear that precipitation events influenced the different distribution and deposition of salts, which are characteristics for pulsed and continuous dripping and, even in this case, pulsed dripping favored the net carbon assimilation rate and, consequently, the production of grains and pods.

Leaf succulence was influenced by the interaction between  $EC_w$  and water management (Figure 2G). Under pulsed dripping, the maximum ( $1.81 \text{ g H}_2\text{O dm}^{-2}$ ) LS was estimated for an  $EC_w$  of  $3.09 \text{ dS m}^{-1}$ , while the minimum ( $1.70 \text{ g H}_2\text{O dm}^{-2}$ ) LS verified in plants under continuous dripping was estimated under an  $EC_w$  of  $3.29 \text{ dS m}^{-1}$ . This variation suggests a phenotypic plasticity related to the loss of water, evidenced by  $A/E$ ,  $A/g_s$ ,  $g_s$  and  $E$ , in other words, anatomically and physiologically pulsed dripping favors osmotic adjustment and, consequently, LS, compared to continuous dripping (CRUZ et al., 2018).

When brackish water ( $0.12 \text{ dS m}^{-1}$ ) was not used, the LS of the plants under continuous dripping was 3.75% higher, in other words, plants adjusted osmotically under pulsed dripping, although at this level of  $EC_w$  no salt stress was observed.

In time, Fernandes et al., (2016), suggest that increasing water content in the leaf promotes the dilution of ions within the cells, which allows the presence of salts in high concentrations in parts of the tissues without causing damage to the cells. In other words, the increase in leaf succulence, which is the water content per unit area, is an indication of

osmotic adjustment. It is important to consider that plants with high concentrations of solutes in the intracellular medium, and which have OA capacity tend to absorb water to maintain the water content in the leaf tissues.

$\Psi_{os}$  was influenced ( $p < 0.05$ ) by the interaction between  $EC_w$  and the adopted water management. Increasing  $EC_w$  levels significantly influenced ( $p < 0.01$ )  $\Psi_h$ ,  $\Psi_p$ ,  $\Psi_{os}$  and OA, while water management influenced  $\Psi_p$  and  $\Psi_{os}$  in isolation (Table 2).

Table 2. Summary of the Analysis of Variance for osmotic potential ( $\Psi_{os}$ ), pressure potential ( $\Psi_p$ ) and Osmotic adjustment (OA) in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping.

Source of Variation	DF	Mean Square			
		$\Psi_h$	$\Psi_p$	$\Psi_{os}$	OA
$EC_w$	4	0,383**	0,96**	0,118**	0,20**
R Linear	1	1,505**	2,127**	0,283**	0,51**
R Square	1	0,025 <sup>ns</sup>	1,145**	0,189**	0,26**
Management (G)	1	0,191 <sup>ns</sup>	1,546**	0,125**	0,000 <sup>ns</sup>
CEai x G	4	0,039 <sup>ns</sup>	0,157 <sup>ns</sup>	0,014**	0,001 <sup>ns</sup>
Residue	18	0,260	0,158	0,0037	0,014
CV (%)		26,08	26,88	3,72	10,67

\*\* : significant at 1%, \* : significant at 5%, ns: not significant by the F test at the 0.05 probability level. DF: degrees of freedom. CV (%): coefficient of variation. Residue analysis was performed for all significant regressions with results at normal limits in the range (3; -3).

The  $\Psi_h$  was influenced ( $p < 0.05$ ) by the increase in  $EC_w$ , both at 2 am and at 2 pm (Figure 3A). During the morning, under the  $EC_w$  estimated at  $3.59 \text{ dS m}^{-1}$  the minimum  $\Psi_h$  was 0.043 Mpa whereas in the afternoon, the  $\Psi_h$  was maximum (1.34 MPa) under the  $EC_w$  estimated at  $0.73 \text{ dS m}^{-1}$  (Figure 3A).

The increase in water flow and gas exchanges provided by the increase in temperature until 2 PM showed, through the variation observed in water potential, the stress condition imposed by the successive increase in  $EC_w$ . In other words, the reduction in PGP due to the increase of  $EC_w$  is even more evident when a joint analysis is made with  $\Psi_h$ ,  $g_s$  and  $E$ . In general, the interaction between the increase in leaf water potential and the increase in irrigation water salinity, causes greater difficulty in absorption of water by the plant, in addition to causing osmotic stress and loss of turgor (OLIVEIRA et al., 2016)

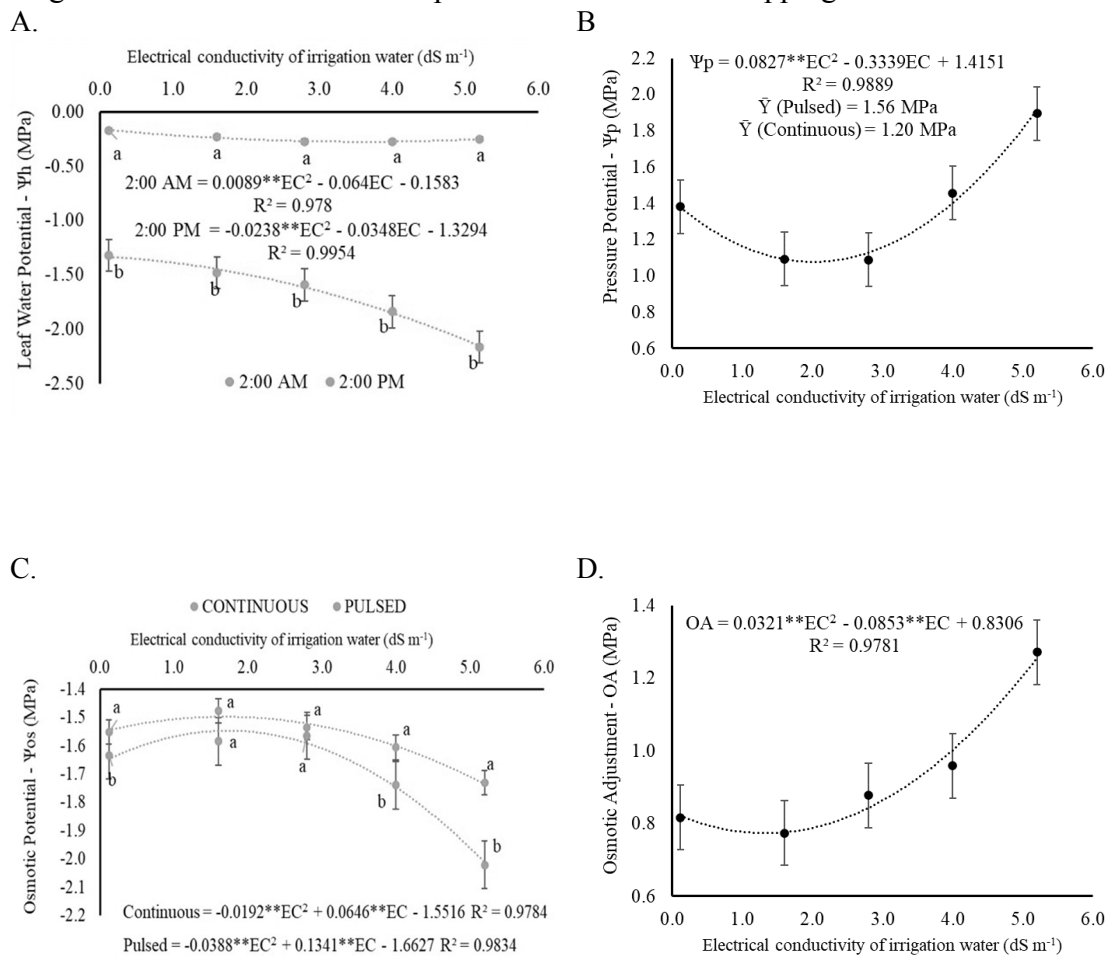
The reduction in the leaf water potential observed at 2 AM, which is the period of highest turgor pressure, differs from the results found for peanut plants by different authors (CHAKRABORTY et al., 2015; NAUTIYAL et al., 1999; PINTO et al., 2014). On the other hand, the results verified by Nogueira; Santos (2000) when analyzing the cultivation of

peanut, cv. BR-1, the same cultivar used in the experiment, suggest values for water potential close to -1.0 MPa in non-stress conditions, which corroborates the results presented here. Anyway, the values found in the period of greatest stress (2 PM), a period in which plants tend to lose more water to the atmosphere, show an even greater reduction in water potential ranging from -1.0 MPa to -2.16 MPa, as salinity increased.

According to Taiz; Zeiger (2017), the leaf water potential decreases as there is a decrease in various physiological processes within the cells, such as photosynthesis, protein synthesis, cell wall synthesis and cell expansion; which affects the productivity of the crop.

The pressure potential was minimal (1,078 MPa) under the EC<sub>w</sub> estimated at 2,018 dS m<sup>-1</sup>, and it assumed a growth trend with the increase in salinity. For in plant cells, due to a rigid wall cell surrounding the plasmalemma, the movements of water entering and leaving the cells are accompanied by important variations in the pressure potential, as seen in this study (Figure 3B).

Figure 3. (A) Leaf water potential -  $\Psi_h$ , (B) Pressure potential -  $\Psi_p$ , (C) Osmotic potential -  $\Psi_o$  and (D) Osmotic adjustment - AO in peanut plants, cultivar BR-1, irrigated with brackish water via pulsed and continuous dripping.





The osmotic potential of plants under pulsed dripping was lower (except under the 1.6 and 2.8 dS m<sup>-1</sup> EC<sub>w</sub>) compared to the results seen in plants under continuous dripping. Peaks of 1.54 and 1.49 MPa were found under the 1.72 and 1.68 dS m<sup>-1</sup> EC<sub>w</sub> in plants under pulsed and continuous dripping, respectively (Figure 3C).

These levels of estimated EC<sub>w</sub> levels for the maximum point of the osmotic potential were lower than the threshold salinity for the crop 3.2 dS.m<sup>-1</sup> (DIAS et al., 2016), showing some tolerance to salinity. On the other hand, Fageria et al., (2010) classify peanut as a plant very sensitive to salinity and they affirm that for every 1.0 dS m<sup>-1</sup> above the threshold salinity, there is a 29% decrease in crop yield, due to the triggering of physiological processes, such as chlorophyll degradation, which will reduce photosynthesis and, finally, production as observed in this work.

The less negative osmotic potential in plants under continuous dripping corroborates the results of leaf succulence and EF-PGP, as well as it helps to explain why the production of grains and pods is higher in plants under pulsed dripping. For it suggests that pulsed dripping provides less osmotic damage and consequently less energy expenditure, for when a plant tissue is placed in a very concentrated solution (very negative  $\psi_h$ ) it will tend to lose water, by lowering  $\psi_p$  and, consequently,  $\psi_h$ .

In general, the decrease in the osmotic potential is considered an osmotic adaptation of the plant. It is also considered a defense strategy with saline stress, for it allows the hydration of plant tissues and it delays the harmful processes caused by water deficit due to increased water content. osmotic soil concentration (HAJLAOUI et al., 2010; SANTOS et al., 2012).

The osmotic adjustment was minimal (0.97 MPa) in plants exposed to an EC<sub>w</sub> estimated at 3.71 dS m<sup>-1</sup>, reaching up to 1.09 MPa in plants under 5.6 dS m<sup>-1</sup> EC<sub>w</sub>. In this case, the accumulation of solutes within the cells, resulting from the increase in EC<sub>w</sub>, demonstrated a plant strategy through a process that the water potential could decrease without decreasing the turgor pressure and, in this work, the relative water content verified in the plants did not suffer significant influence ( $p>0.05$ ) by the treatments (Figure 3D).

Plants try to develop osmotic adjustments, when under stress conditions, as a way to keep the leaf water potential and turgor pressure of cells close to adequate, which occurs through the production of low molecular weight organic solutes in the cytosol, such as proline, sugars soluble and free amino acids (PEREIRA et al., 2010). This mechanism results

in a leaf water potential gradient favorable to water absorption and maintenance of the cell turgor (SHELDON et al., 2017; TUMER, 2017). In this sense, some studies (SANTOS et al., 2012; PEREIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2012), also corroborate the peanut's ability to perform osmotic adjustment when under stress conditions.

## CONCLUSION

1. The use of pulsed dripping irrigation did not mitigate the deleterious effect of salinity, but it provided a greater production of grains and pods compared to continuous dripping;
2. The use of brackish water via pulsed dripping provides greater water use efficiency compared to continuous dripping;
3. The increase in the electrical conductivity of the water affected the leaf water, pressure and osmotic potentials, as well as the osmotic adjustment.

## REFERENCES

- ALMEIDA, W. F.; PAZ, V. P. S.; JESUS, A. P. C.; SILVA, J. S.; GONÇALVES, K. S.; OLIVEIRA, A. S. **Yield of Green Beans Subjected to Continuous and Pulse Drip Irrigation with Saline Water**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental – Agriambi*, 2018, pp. 476-481. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p476-481>
- ALVAREZ V. V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- CHAKRABORTY, K.; SINGH, A. L.; KALARIYA, K. A.; GOSWAMI, N. **Physiological responses of peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars to water deficit stress: status of oxidative stress and antioxidant enzyme activities**. *Acta Botanica Croatica*, 2015, v.74(1), pp.123-142.
- CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, J.K. **Understanding and improving salt tolerance in plants**. *Crop Science*, 2005, v.45, pp.437-448. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2005.0437>
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos: Segundo levantamento, novembro 2019 – safra 2019/2020.**: Brasília:

Companhia Nacional de Abastecimento, 2013. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. S. G.; LIRA, R. M. **Índice de estresse, potenciais de água e suculência foliar em couve-flor cultivado hidroponicamente com águas salobras**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*. [online], 2018, vol.22, n.9, pp.622-627. ISSN 1415-4366. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p622-627>.

DELFT, E. M. **Transpiration in succulent plants**. *Ann. Bot.*, 1912, v.26, pp.409-442.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. v.1, cap.9, pp. 129-141.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; NETO, O. N. S.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos Sais na Planta e Tolerância das Culturas à Salinidade. Manejo de Salinidade Aplicado na Agricultura: Estudos básicos e Aplicados. **INCT Sal, 2º edição**, p. 530, 2016.

Fageria, N. K.; Soares Filho, W. S. dos; Gheyi, H. R. **Melhoramento genético vegetal e seleção de espécies tolerantes à salinidade**. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. Cap.13, p.205-216.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de amendoim**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water in agriculture: opportunity untapped**. Rome, 2006.

FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. D.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. **Halofitismo e agricultura bioessalina**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2016. 504p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: **A computer statistical analysis system**. *Ciência & Agrotecnologia*, 2011, v.35, pp.1039-1042.

FILIZOLA, H. F. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna: Embrapa Meio

Ambiente, 2006, 169p.

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 BR 1 sob Condições de Salinidade.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 2011, v. 15, n. 8, pp. 794-800.

Hajlaoui, H.; El Ayeb, N.; Garrec, J.P.; Denden, M. **Differential effects of salt stress on osmotic adjustment and solutes allocation on the basis of root and leaf tissue senescence of two silage maize (*Zea mays* L.) varieties.** *Industrial Crops and Products*, 2010, v.31, pp.122–130.

JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEC, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. **Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish.** *Scientia Agrícola*, 2007 v.64, pp.111-118. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000200002>

LONG, S. P.; BAKER, N. R. **Saline terrestrial environments. Photosynthesis in contrasting environments.** New York. *Elsevier*, 1986. pp.63-102.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: Princípios e métodos.** Viçosa: UFV, 2009, 318p.

MIRJAT, M. S.; MUGHAL, A. Q.; CHANDIO, A. S. (2014) **Simulating water flow and salt leaching under sequential flooding between subsurface drains.** *Irrigation and Drainage*, 2014, v.63, pp.112–122. <https://doi.org/10.1002/ird.1782>

MUNNS, R. & TERMAAT, A. **Whole Plant Responses to Salinity.** *Australian Journal of Plant Physiology*, 1986, v.13, pp. 143-160. <http://dx.doi.org/10.1071/PP9860143>

NAUTIYAL, P. C.; RAVINDRA, V.; RATHNAKUMAR, A. L.; AJAY, B. C.; ZALA, P. V. **Genetic variations in photosynthetic rate, pod yield and yield components in Spanish peanut cultivars during three cropping seasons.** *Field Crops Research*, 2012, v.125, pp.83–91.

Nogueira, R. J. M. C.; Santos, R. C.; Neto, E. B.; Santos, V. F. **Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1998, v. 33, n.12, pp.1963-1969.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; ALMEIDA, B. G.; SILVA, E. F. F.; MELO, H. F.; LEAL, L. Y. C. **Soil water energetic status and cowpea beans irrigated with saline water.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2016, v.20, pp.685-691.

PEREIRA, J. W. D. L.; MELO FILHO, P. D. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA,

R. J. M. C.; SANTOS, R. C. **Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado.** *Revista Ciência Agronômica*, 2012 v.43, n.4, pp 766-773.

PEREIRA, J. W. L. **Respostas fisiológica e agronômica de genótipos de amendoim sob condição de estresse hídrico.** 2010. 64 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, O. R. O. **Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica.** *Agropecuária Técnica*, 2014, v. 35, n. 1, pp. 31–40.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60

SANTOS, R. C.; GODOY, J. I.; FAVERO, A. P. **Melhoramento do amendoim. O agronegócio do amendoim no Brasil.** Campina Grande. *Embrapa algodão*, 2005, pp.17–44.

SANTOS, R. C.; SILVA, A. F.; GONDIM, T. M. S.; OLIVEIRA JUNIOR, J. O.; ARAUJO NETO, R. B.; SAGRILLO, E.; VASCONCELOS, R. A.; MELO FILHO, P. A.; SILVA FILHO, J. L. **Stability and adaptability of runner peanut genotypes.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 2012, v. 47, pp.1.118-1.124.

SHELDON, A. R.; DALAL, R. C.; KIRCHHOF, G.; KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W. **The effect of salinity on plant-available water.** *Plant and Soil*, 2017, vol. 418, n.1-2, pp. 477-491.

SILVA, F. G. D.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. D.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. D. **Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2015, v. 19, n. 10, pp. 946-952.

SILVA, M. T.; AMARAL, J. A. B. **Zoneamento risco climático para a cultura do amendoim no estado do Rio Grande do Norte.** *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, 2007, v.7, pp.93-99.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. **Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, 2008, v. 24, p. 1363–1368. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2382>

SOUZA, E.R.; FREIRE, M.B.G.S; CUNHA, K. P. V.; NASCIMENTO, C. W.A.; RUIZ, H. A., LINS, C. T. **Biomass, anatomical changes and osmotic potential in *Atriplex nummularia* Lindl. cultivated in sodic saline soil under water stress.** *Environmental and Experimental Botany*, v.82, p. 20-27, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal** [recurso eletrônico]; [tradução: Alexandra Antunes Mastroberti ... et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. – 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; GENTELINI, D. P.; GABRIEL FILHO, A.; KONOPATSKI, E. A. **Uso do forno de microondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo.** *Semina: Ciências Agrárias*, 2009 v. 29, n. 3, pp. 529-537.

USDA – United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production.** 2019. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>, Acesso em 22 jan. 2020.

WEATHERLEY, P. E. **Studies in the water relations of the cotton plant I: the field measurements of water deficits in leaves.** *New Phytologist*, Cambridge, 1950, v. 49, pp. 81-97.

Yan, B. G.; Ji, Z. H.; Fan, B.; Wang, X. M.; He, G. X.; Shi, L. T. **Plants adapted to nutrient limitation allocate less biomass into stems in an arid-hot grassland.** *New Phytol.* 2016, v.211, pp. 1232–1240.