

## Cultivares de cafeeiros canéfora sob estresse salino e adubação nitrogenada

Idelfonso Leandro Bezerra<sup>1\*</sup>, Lucas da Silva Santos<sup>1</sup>, Jairo Rafael Machado Dias<sup>1</sup>,  
Adjalma Campos de França Neto<sup>1</sup>, Fabíola Soares Moreira<sup>2</sup>, Édina de Oliveira  
Moreira<sup>2</sup>, Lucas Felipe Alves de Araújo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docentes da Fundação Universidade Federal de Rondônia, Curso de Agronomia, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. <sup>2</sup>Discentes do Curso de Agronomia da Fundação Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. \*[idelfonso.bezerra@unir.br](mailto:idelfonso.bezerra@unir.br)

Recebido em: 06/03/2023

Aceito em: 23/11/2023

Publicado em: 30/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.5.2-5>

### RESUMO

A cultura do cafeeiro é de grande relevância econômica e social para o Brasil, em que o uso da irrigação com água salina possa ser um fator limitante. Nesse contexto, avaliou-se a fisiologia e a biometria em cultivares de cafeeiros canéfora irrigados sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com tratamentos dispostos em arranjo fatorial 5x2x4, correspondentes a cinco níveis de salinidade da água – CEa (0,08; 0,88; 1,68; 2,48 e 3,28 dS m<sup>-1</sup>), duas cultivares de café canéfora (clones 08 e 25) e quatro doses de nitrogênio (50, 75, 100 e 125%), com três repetições e uma planta por vaso. A irrigação com CEa a partir de 0,08 dS m<sup>-1</sup> reduziu a condutância estomática, a transpiração, a concentração interna de CO<sub>2</sub> e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> dos clones de cafeeiro canéfora aos 30 dias após o transplântio (DAT). Também, reduziu linearmente a fitomassa fresca e seca da parte aérea e seca de raiz, enquanto elevou linearmente o extravasamento de eletrólitos dos clones, aos 60 DAT. A adubação com dose de N acima de 50% (270,55 mg de N dm<sup>-3</sup> de solo) da dose recomendada à cultura não mitigou os efeitos deletérios provocados pelo aumento da salinidade da água no crescimento das plantas. Porém, reduziu o índice relativo de clorofila, aos 60 DAT.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*. Trocas gasosas. Fitomassa. Nitrogênio.

## Canephora coffee cultivars under saline stress and nitrogen fertilization

### ABSTRACT

The coffee crop is of great economic and social importance for Brazil, where the use of irrigation with saline water can be a limiting factor. In this context, the physiology and biometrics of canephora coffee cultivars irrigated under different salinity levels of irrigation water and nitrogen fertilization were evaluated. The experimental design used was randomized blocks, with treatments arranged in a 5x2x4 factorial arrangement, corresponding to five levels of water salinity - ECw (0.08; 0.88; 1.68; 2.48 and 3.28 dS m<sup>-1</sup>), two canephora coffee cultivars (clones 08 and 25) and four doses of nitrogen (50, 75, 100 and 125%), with three replications and one plant per pot. Irrigation with ECw from 0.08 dS m<sup>-1</sup> reduced stomatal conductance, transpiration, internal CO<sub>2</sub> concentration and CO<sub>2</sub> assimilation rate of clones (08 and 25) of canephora coffee tree at 30 days after transplant (DAT) Also, it linearly reduced the fresh and dry phytomass of shoots and dry roots, while it linearly increased the electrolyte leakage of the clones, at 60 DAT. Fertilization with a dose of N above 50% (270.55 mg of N dm<sup>-3</sup> of soil) of the recommended dose

for the crop did not mitigate the deleterious effects caused by the increase in water salinity on plant growth. However, it reduced the relative index of chlorophyll at 60 DAT.

**Keywords:** *Coffea canephora*. Gas exchange. Phytomass. Nitrogen.

## INTRODUÇÃO

O café é um produto importante para a economia mundial. Depois do petróleo, é a mercadoria mais valiosa (MISHRA; SLATER, 2012). A produção de café está presente em 56 países, enquanto o consumo ocorre em centenas de nações (ICO, 2020). No Brasil, o café é um produto tradicional de grande importância econômica. No desenvolvimento socioeconômico, a cafeicultura destaca-se pela geração de emprego nas diferentes etapas do processo produtivo (TEMÓTEO, 2012).

Além de maior produtor mundial de café, o Brasil evidencia-se por ser o segundo maior consumidor, atrás apenas dos Estados Unidos. Cerca de 22,25 milhões de sacas, o que corresponde a 35,4% da produção nacional, é consumido internamente, número que representa aproximadamente 13,2% do consumo mundial (ICO, 2020).

A cafeicultura está enfrentando desafios crescentes diante das alterações climáticas, que incluem aumentos nas temperaturas médias globais além de aumentos frequentes de eventos climáticos como déficit hídrico (HAWORTH et al., 2018), a deficiência hídrica ocorre quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção de água e esta deficiência pode ser consequência da baixa disponibilidade de água no solo, bem como da presença de solos salinos e da ocorrência de temperaturas muito baixas (BRAY, 1997).

As concentrações de sais que restringem as trocas gasosas podem variar entre os cultivares e parecem depender da composição iônica do meio, dos íons potencialmente tóxicos, particularmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , provocando perturbações fisiológicas e bioquímicas das plantas resultando na diminuição do potencial osmótico da solução do solo, devido à retenção da água, tornando-se assim cada vez menos disponível para o vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Dentre os efeitos causados pela salinidade, destacam-se a inibição do crescimento e produção de biomassa, fitotoxicidade e desequilíbrio nutricional, além da redução da atividade do sistema fotossintético devido ao baixo nível de produção de pigmentos fotossintéticos, e estimulação da síntese de clorofilase, e enzima que inibe a produção de clorofila (MUNNS; TESTER, 2008; AMIRJANI, 2011; LUCENA et al., 2012). O dano se deve à ação degenerativa de um complexo de sal ou mistura de sais, e à ação específica

de íons, principalmente sódio e cloreto, que em excesso na água e/ou no solo causam toxicidade às plantas (CAVALCANTE et al., 2011; HAN et al., 2015).

Em solos com problemas relacionados ao sal, estudos têm mostrado que os fertilizantes de nitrogênio influenciam positivamente os efeitos dos sais nas plantas por meio da interação da salinidade e nutrição, estimulando o crescimento devido à absorção suficiente de N pelas plantas em diferentes fases fenológicas (CHEN et al., 2010; ELGHARABLY et al., 2010).

Tais impactos afetam tanto a produtividade das lavouras como a qualidade da bebida, com impactos significativos no valor desta commodity (MARTINS et al., 2016). Com avanços no melhoramento genético, atualmente, as cultivares de *Coffea canephora* possuem elevado potencial produtivo e grande exigência nutricional, que torna indispensável o manejo da fertilidade do solo e a nutrição mineral equilibrada para obtenção de elevada produtividade (PARTELLI et al., 2016).

A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro tem surgido como um método alternativo aos procedimentos convencionais. Argenta et al. (2001), a quantificação da clorofila é relevante no estudo de práticas culturais e de manejo visando aumentar o potencial fotossintético e rendimento das espécies, pois, de acordo com Taiz e Zeiger (2009), o conteúdo de clorofilas nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou-se avaliar a fisiologia e o crescimento inicial de cafeeiros canéfora irrigados sob diferentes níveis de salinidade das águas de irrigação e da adubação com nitrogênio na Zona da Mata rondoniense.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em condições de campo, localizado no *Campus* da Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR, Rolim de Moura, Rondônia. O município está situado sob as coordenadas geográficas de 11° 43' S de latitude, 61° 46' W de longitude e altitude 277 m. O clima da região é classificado pelo método de Köppen como sendo Aw – tropical-quente e úmido. E a precipitação média acumulada anualmente entre 1.400 a 2.500 mm e temperatura média anual varia entre 24 a 26 °C.

Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial de 5x2x4, em blocos ao acaso, com três repetições, e uma planta por vaso. Esse fatorial corresponde a cinco níveis de

salinidade da água – CEa de 0,08; 0,88; 1,68; 2,48 e 3,28 dS m<sup>-1</sup>, duas cultivares de café Canéfora (clones 08 e 25) e quatro doses de nitrogênio (50, 75, 100 e 125%). Os níveis de CEa foram obtidos pela dissolução de NaCl em água do sistema de abastecimento local (CEa = 0,08 dS m<sup>-1</sup>) a quantidade (C) foi determinada com base na equação 1, proposto por Rhoades et al., (2000):

$$C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}, \quad (1)$$

Em que, CEa representa o valor desejado de condutividade elétrica da água.

As unidades experimentais foram compostas por vasos com capacidade de 15 litros, preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013).

O substrato utilizado para o enchimento dos lisímetros foi constituído de solo extraído à profundidade de 0 a 40 cm de um Latossolo Vermelho Amarelo, cujas características químicas, foram: pH = 5,4, CEes = 0,65 dS m<sup>-1</sup>, P e Na = 5,1 e 0,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, matéria orgânica = 43,0 g kg<sup>-1</sup>, e K, Ca e Mg = 80, 3,0 e 0,8 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A caracterização química do solo foi feita no Laboratório de Solos do *Campus* de Rolim de Moura da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), de acordo com a metodologia de Donagema et al., (2011).

A adubação fosfatada foi realizada no transplantio das mudas de forma sólida, utilizando como adubo o superfosfato triplo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, em dose única), que foi misturado no solo. A potássica (cloreto de potássio, 60% K<sub>2</sub>O) foram parceladas em duas aplicações iguais, uma no transplantio, e aos 30 dias após o transplantio (DAT), seguindo recomendação de Novais et al. (1991). O tratamento com adubação nitrogenada com ureia (45% de N) foi aplicado a cada 15 dias (totalizando oito aplicações durante o experimento), via fertirrigação, seguindo recomendação para a cultura.

As mudas no momento do transplantio estavam com 150 dias e apresentavam seis pares de folhas, altura média de 15 cm e diâmetro caulinar de 4,5 mm, e foram obtidas do enraizamento de estacas de ramos ortotrópicos. Efetuado o transplantio, as mudas foram mantidas no solo com teor de água próxima a capacidade de campo por 28 dias utilizando-se água de abastecimento com condutividade elétrica (CE) de 0,08 dS m<sup>-1</sup>.

A aplicação dos tratamentos teve início após este período, cujas irrigações com águas salinizadas foram realizadas, conforme os respectivos tratamentos, e com base na

necessidade hídrica da planta, determinada pela diferença entre o volume aplicado e o drenado na irrigação anterior, estimados pelo processo de lisimetria de drenagem mantendo a umidade no solo próxima a capacidade de campo. As irrigações eram realizadas uma vez ao dia, sendo no final da tarde. O volume de água aplicado na irrigação a partir dos 40 DAT foi ajustado de forma a proporcionar no solo uma fração de lixiviação de 15% como manejo para evitar acumulação excessiva de sais no solo.

Aos 30 DAT, foram realizadas medições de trocas gasosas foliares (condutância estomática -  $g_s$ , concentração interna de  $CO_2$  -  $C_i$ , transpiração -  $E$  e taxa de assimilação de  $CO_2$  -  $A$ ) utilizando-se analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+, da ADC. Todas as medidas foram realizadas em folhas maduras (terceira folha do ápice) totalmente expandidas. As leituras foram realizadas entre 08:00 e 10:00 horas, utilizando-se uma fonte de radiação artificial com intensidade de  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , sob condições de temperatura e concentração de  $CO_2$  ambientes.

Aos 60 DAT, foi feita a leitura do índice relativo de clorofila (IRC) determinado sete dias após a aplicação das doses de nitrogênio, sendo mensurado com auxílio de um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030 produzido pela Falker Automação Agrícola, o qual expressa os resultados em um índice próprio denominado IRC: Índice relativo de Clorofila (FALKER, 2008). As leituras foram feitas no terço inferior, médio e superior da última folha totalmente aberta em cada planta de avaliação.

Nas folhas foi avaliada a capacidade de disruptura da membrana celular em condições de estresse salino pelo extravasamento de eletrólitos (EE) na membrana celular. Em cada folha foram retirados 10 discos foliares de  $5,93 \text{ cm}^2$  de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos aos folíolos, os quais foram acondicionados em Becker, com 30 mL de água destilada que foram fechados hermeticamente com papel alumínio. Os Becker foram mantidos à temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , por 6 h, onde foi medida a condutividade elétrica inicial ( $C_i$ ). Posteriormente, os beckers foram conduzidos à estufa com ventilação forçada de ar e submetidos à temperatura de  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  por 2 h, onde foi procedida novamente a leitura da condutividade elétrica final ( $C_f$ ). Desta forma, o extravasamento de eletrólitos na membrana celular, foi obtido de acordo com a equação 2, proposta por Scott Campos et al., (2013):

$$EE = C_i/C_f * 100 \quad (2)$$

Em que,  $C_i$  e  $C_f$  condutividade elétrica inicial e final ( $\text{dS m}^{-1}$ ), respectivamente.

As plantas foram coletadas, e pesadas em balança de precisão, onde se determinou a fitomassa fresca (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA) e seca de raiz (FSR), em gramas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por teste F em níveis de probabilidade de 0,05 e 0,01 de probabilidade, e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial utilizando-se do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se com base nos valores da análise de variância (Tabela 1), haver a ocorrência de efeito significativo ( $p < 0,01$ ) da salinidade da água de irrigação (S) sobre a condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), aos 60 DAT. Os fatores doses de nitrogênio (DN), clones (C) e a interação entre os níveis de salinidade da água de irrigação (S) e doses de nitrogênio (DN) não se constatou efeito significativo em nenhuma das variáveis avaliadas aos 60 DAT.

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância para condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) em clones de cafeeiros Canéfora irrigados com águas salinas, aos 30 dias após o transplântio – DAT, Rolim de Moura.

Causa da variação	Quadrados médios			
	$g_s^1$	$E^1$	$C_i$	$A^1$
Salinidade (S)	0,0623**	1,5117**	69086,4791**	15,9041**
Reg. Linear	0,2306**	5,9882**	270950,4000**	49,3861**
Reg. Quadrática	0,0076 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	2,3333 <sup>ns</sup>	12,5782**
Dose de N (DN)	0,0020 <sup>ns</sup>	0,0173 <sup>ns</sup>	3640,2888 <sup>ns</sup>	0,0747 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	0,0019 <sup>ns</sup>	0,0184 <sup>ns</sup>	7113,9266 <sup>ns</sup>	0,0052 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	3182,7000 <sup>ns</sup>	0,1098 <sup>ns</sup>
Clones (C)	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0533 <sup>ns</sup>	1717,6333 <sup>ns</sup>	0,0255 <sup>ns</sup>
Interação				
SxDN	0,0013 <sup>ns</sup>	0,0528 <sup>ns</sup>	2401,5180 <sup>ns</sup>	0,1435 <sup>ns</sup>
SxC	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0061 <sup>ns</sup>	164,7791 <sup>ns</sup>	0,0823 <sup>ns</sup>
SxDNx C	0,0061 <sup>ns</sup>	0,2276 <sup>ns</sup>	4453,3847 <sup>ns</sup>	0,4616 <sup>ns</sup>
Bloco	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	19,3083 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>
Resíduo	0,0036	0,1488	3651,5269	0,5814
CV(%)	26,33	15,66	15,08	22,87

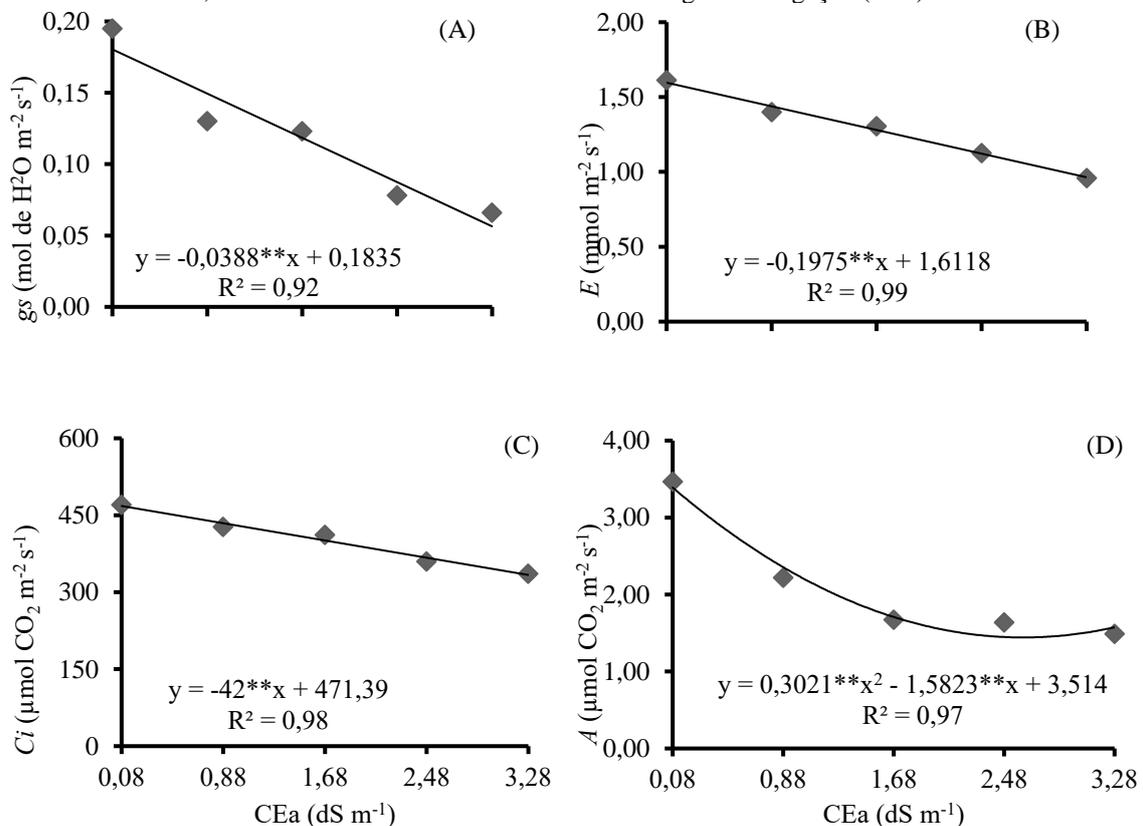
ns e \*\* respectivamente não significativos e significativo a  $p < 0,01$ ; <sup>1</sup>Análise estatística realizada após transformação de dados em  $\sqrt{x}$ .

O aumento da salinidade da água de irrigação afetou negativamente a variável condutância estomática ( $g_s$ ) aos 60 DAT, das plantas de café canéfora clones 08 e 25 e, conforme equação de regressão (Figura 1A), os dados obtidos melhor se ajustaram ao

modelo linear onde se percebe redução na  $g_s$  de 21,14% por aumento unitário da CEa o que representa um declínio percentual de 68,82% na  $g_s$  das plantas irrigadas com água de 3,28 dS m<sup>-1</sup> em relação aquelas irrigadas com água de CEa igual a 0,08 dS m<sup>-1</sup>. De fato, um dos principais mecanismos fisiológicos das plantas sob salinidade é o fechamento dos estômatos (SOUSA et al., 2014; BRITO et al., 2016). A salinidade acarreta maior dificuldade da planta em absorver água do solo o que, conseqüentemente, tende a reduzir a perda de água, com a diminuição da  $g_s$  (OLIVEIRA et al., 2017).

Em nosso estudo, podemos sugerir que a utilização de água salina, independente dos clones, reduziu a  $g_s$  das plantas de cafeeiro canéfora pela redução do potencial osmótico do solo e, conseqüentemente, do potencial hídrico, além do aumento da concentração de sais no solo suficiente para provocar toxidez por íons específicos, o que acarretou a diminuição da  $g_s$  (LEITE et al., 2017). A redução significativa na condutância estomática é uma das primeiras respostas ao estresse salino. Isso ocorre como mecanismo de defesa para reduzir a perda de água pelas folhas para a atmosfera, pois a absorção de água pelas raízes torna-se mais difícil em solos salinos (SOUSA et al., 2016).

**Figura 1** - Condutância estomática –  $g_s$  (A), transpiração –  $E$  (B), concentração interna de CO<sub>2</sub> –  $C_i$  (C) e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> –  $A$  (D), aos 30 dias após o transplântio (DAT) em clones de cafeeiro canéfora, sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação (CEa).



A transpiração ( $E$ ) diminuiu linearmente (Figura 1B) aos 60 DAT, com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), com a redução de cerca de 12,25% por incremento unitário na CEa. Em termos relativos, a comparação entre os resultados obtidos nas plantas submetidas ao maior nível de salinidade ( $3,28 \text{ dS m}^{-1}$ ) e os obtidos no menor nível ( $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ ) mostrou uma redução na  $E$  de 39,59% ( $0,632 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Essa redução na  $E$  causada pelo aumento da CEa deve-se provavelmente à limitação estomática, que é uma estratégia de defesa da planta para minimizar a desidratação excessiva ou consequência do desequilíbrio da água na epiderme das folhas (RIBEIRO et al., 2009), pois a  $E$  está intimamente relacionado à abertura estomática, assim quando constatada a diminuição na  $g_s$  das plantas em função da irrigação com águas salinas, como observado neste estudo (Figura 1A), ocorre aumento da resistência à difusão da água do interior da folha para a atmosfera. Hussain et al., (2012) submeteram citros ao estresse salino e relataram que uma redução em condutância estomática leva a uma redução na difusão de  $\text{CO}_2$ .

A mesma tendência observada no presente estudo também foi encontrada por Sousa et al. (2016), em plantas cítricas cultivadas com águas de diferentes níveis de salinidade ( $0,6, 1,2, 1,8, 2,4$  e  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Segundo esses autores, existe uma relação entre a transpiração e a condutância estomática, de forma que uma redução na condutância estomática leva a uma redução na transpiração. Gonçalves et al., (2010) também observaram a existência dessa relação e concluíram que o fluxo de vapor d'água para a atmosfera diminui à medida que os estômatos se fecham. Portanto, uma redução na condutância estomática causa uma diminuição na transpiração foliar.

A tendência de redução nas taxas transpiratórias nas plantas coincidiu com as reduções observadas na condutância estomática ao longo do período experimental não havendo, porém, diferença entre os clones (Figura 1A e B). Esta relação direta entre transpiração ( $E$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ) é esperada, tendo em vista a diminuição do fluxo de vapor d'água para a atmosfera e, conseqüentemente, da transpiração, à medida que se fecham parcialmente os estômatos.

O estresse salino causado pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) reduziu linearmente, aos 60 DAT, a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) do cafeeiro canéfora (Figura 1C) em 8,90% por unidade de aumento na CEa, ou seja, quando as plantas foram submetidas à irrigação com água de  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$  a  $C_i$  diminuiu 28,71% ( $134,40 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), se comparado às plantas sob irrigação com água de  $0,08 \text{ dS}$

$m^{-1}$ . A concentração interna de  $CO_2$  é importante porque a produtividade de uma planta pode ser analisada como o produto da energia solar interceptada e do  $CO_2$  fixado durante um período (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Em consonância com este trabalho, a partir do ponto em que houve uma redução da  $g_s$ , possivelmente, possa ter havido uma limitação na taxa de retenção de  $CO_2$  e, conseqüentemente, a  $C_i$  diminui nos espaços intercelulares devido ao consumo de  $CO_2$  pela atividade fotossintética. Esse decréscimo relativo na  $C_i$  pode ser atribuído às menores condutâncias estomáticas, uma resposta comum das plantas ao estresse salino (PRAXEDES et al., 2010; SILVA et al., 2011).

Devido à redução da taxa de transpiração e da condutância estomática, a taxa de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ) foi impactada negativamente pela salinidade da água de irrigação e mediante a equação de regressão (Figura 1D) o modelo quadrático indica que, aos 60 dias após o transplântio (DAT), as plantas quando foram irrigadas com água de CEa de  $0,08 \text{ dS } m^{-1}$ , proporcionaram a maior  $A$  ( $4,82 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e a menor ( $3,66 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) com as plantas irrigadas com água de  $3,28 \text{ dS } m^{-1}$ . Essa redução na taxa fotossintética deve-se à diminuição na quantidade de água absorvida e  $CO_2$  fixado pela planta em função do fechamento estomático em razão da diminuição no potencial osmótico do solo decorrente do aumento da CEa de irrigação. Além disso, a maior resistência difusiva dos estômatos, também promove redução na fotossíntese, principalmente pela restrição da condução gasosa da folha (KERBAUY, 2008).

Esta redução também é explicada por López-Climent et al. (2008), que revelaram que as plantas, quando submetidas ao estresse salino, tendem a apresentar redução na taxa de assimilação líquida de  $CO_2$ , devido aos efeitos estomáticos. Isso porque o fechamento dos estômatos restringe a entrada de  $CO_2$  nas células, sendo, portanto, a principal causa da redução da fotossíntese (MUSYIMI; NETONDO; OUMA, 2007). Além disso, tal restrição pode aumentar a susceptibilidade da planta a danos fotoquímicos, pois baixo  $CO_2$  taxas de assimilação causam níveis excessivos de energia luminosa no fotossistema II; isso tem sido observado em estudos sobre fluorescência (SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2014).

Constata-se pelos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 2, que os níveis salinos da água de irrigação (S) afetaram ( $p < 0,01$ ) significativamente a fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea e seca de raiz (FSR), aos 60 dias após o transplântio (DAT), assim como se constata efeito ( $p < 0,01$ ) do fator doses de

nitrogênio (DN), efeito ( $p < 0,05$ ) do fator clone (C) e da interação entre os fatores salinidade e doses de nitrogênio (SxDN) sobre a FSR, aos 60 DAT.

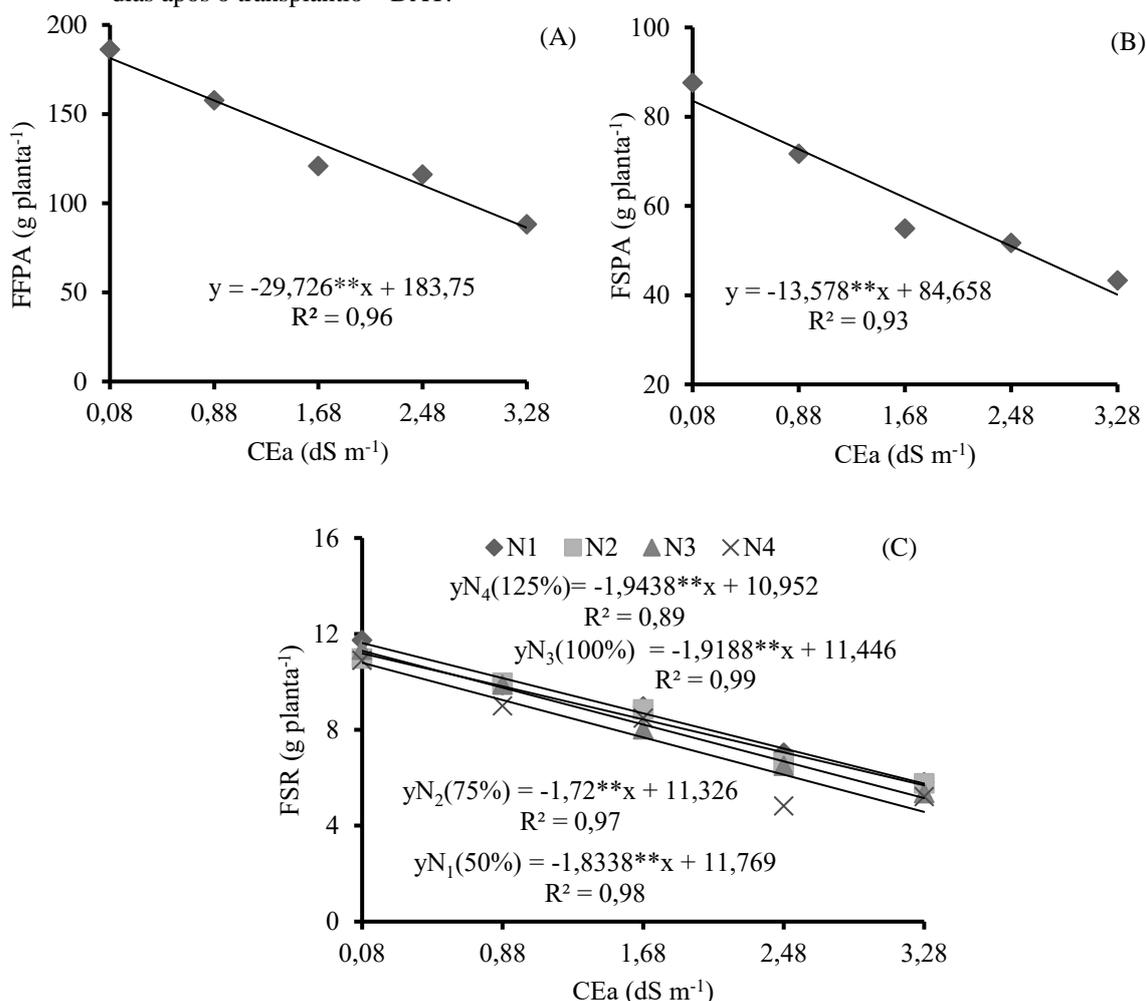
**Tabela 2** - Resumo da análise de variância para fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e fitomassa seca de raiz (FSR) em clones de cafeeiro canéfora irrigados com águas salinas, aos 60 dias após o transplântio – DAT, Rolim de Moura.

Causa da variação	Quadrados médios		
	FFPA	FSPA	FSR
Salinidade (S)	35321,490792**	7536,6112**	134,5930**
Reg. Linear	135732,911254**	28313,7582**	527,6754**
Reg. Quadrática	1929,172953 <sup>ns</sup>	1413,9266**	0,3620 <sup>ns</sup>
Dose (DN)	361,469979 <sup>ns</sup>	19,4407 <sup>ns</sup>	5,4499**
Reg. Linear	168,879371 <sup>ns</sup>	10,2651 <sup>ns</sup>	15,5663**
Reg. Quadrática	479,920003 <sup>ns</sup>	3,4816 <sup>ns</sup>	0,5877 <sup>ns</sup>
Clones (C)	0,276480 <sup>ns</sup>	24,0486 <sup>ns</sup>	2,3276*
Interação			
SxDN	735,728362 <sup>ns</sup>	103,1178 <sup>ns</sup>	1,0001*
SxC	237,690551 <sup>ns</sup>	40,7243 <sup>ns</sup>	1,0622 <sup>ns</sup>
SxDNxC	822,868211 <sup>ns</sup>	189,6651 <sup>ns</sup>	0,7510 <sup>ns</sup>
Bloco	117,914601 <sup>ns</sup>	1,2513 <sup>ns</sup>	0,2770 <sup>ns</sup>
Resíduo	1240,260872	185,4260	0,4861
CV (%)	26,32	22,02	8,44
Clones	Médias		
	g planta <sup>-1</sup>		
C <sub>1</sub> (08)	133,86 a	61,406 a	8,40 a
C <sub>2</sub> (25)	133,76 a	62,301 a	8,12 b
dms (clones)	12,79	4,946	0,25

<sup>ns</sup> e \*\* respectivamente não significativos e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ .

O aumento da salinidade da água de irrigação diminuiu linearmente a fitomassa fresca da parte aérea – FFPA (Figura 2A) em 16,17%, por aumento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação; este resultado indica um decréscimo na ordem de 95,12 g (52,44%) na FFPA entre as plantas irrigadas com água de 0,08 e 3,28 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. A redução da fitomassa a partir destes níveis de CEa está intimamente ligada aos efeitos da concentração de sais solúveis, que é um fator limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas, deduzindo-se que este comportamento pode ser entendido como um possível mecanismo de ajustamento da planta para diminuir os efeitos da salinidade, isto porque, as plantas podem sofrer modificações morfológicas ou fisiológicas como redução na biomassa, quando submetidas ao estresse salino (CENTENO et al., 2014).

**Figura 2** - Fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea e seca de raiz (FSR) em clones de cafeeiro canéfora (C08 e C25) em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 60 dias após o transplântio – DAT.



Em conformidade com este estudo, Figueredo et al. (2018), ao estudarem a cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) irrigada com água de diferentes teores de sais, constataram que o estresse salino comprometeu de forma linear a produção de biomassa da parte aérea. O elevado teor de sais na água de irrigação tende a prejudicar o desenvolvimento das plantas, com reduções na expansão da superfície foliar e considerável diminuição de fitomassa fresca e seca de folhas (HERNANDEZ et al., 1995). Costa (2007) em estudos com amaranto verificou redução linear na fitomassa fresca da parte aérea com decréscimos na ordem de 10,16% por incremento unitário da CEa, e as plantas quando submetidas à CEa de 4,5 dS m<sup>-1</sup> tiveram redução na fitomassa fresca da parte aérea de 50,80% em comparação as irrigadas com água de 0,14 dS m<sup>-1</sup>.

A redução na fitomassa fresca da parte aérea foi decorrente do menor número de folhas, área foliar e menor diâmetro de caules das plantas, sendo tais efeitos da salinidade já registrados por Souza et al., (2016).

De acordo com Sousa et al. (2011), este decréscimo na fitomassa fresca da parte aérea estão relacionados à redução na disponibilidade de água ou acúmulo excessivo de dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nos tecidos vegetais, os quais afetam os processos fisiológicos imprescindíveis às plantas.

O acúmulo de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) foi afetado linear e negativamente pela salinidade da água de irrigação (Figura 2B), com decréscimos relativos de 16,03%, por aumento unitário de CEa, aos 60 DAT, ou seja, declínio de 51,99% ( $43,45 \text{ g planta}^{-1}$ ) quando as plantas estavam sob CEa de  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$  em comparação ao menor valor de  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ . A redução na FSPA foi decorrente do menor número de folhas, menor área foliar e menor diâmetro de caules das plantas, sendo tais efeitos da salinidade já registrados por Souza et al., (2016). Esse declínio é uma resposta natural das plantas submetidas à salinidade, o qual há uma diminuição no crescimento da parte aérea, com redução da expansão foliar, inibição da formação de gemas laterais, assim como, a acumulação de quantidades tóxicas de  $\text{Na}^+$  nas folhas, levando à inibição da fotossíntese e dos processos biossintéticos (TAIZ et al., 2017).

Fernandes et al., (2011) afirmam que a fitomassa seca representa a potencialidade de acúmulo de matéria seca de cada material vegetal e, quanto mais elevado seu valor, maior também a eficiência do vegetal em transformar energia luminosa em fotoassimilados.

No entanto, os resultados para a massa seca embasam aqueles encontrados para as características de crescimento neste trabalho, por ser o acúmulo de massa seca resultante do processo de crescimento. Neste sentido, a redução na produção de massa de matéria seca sob determinada condutividade elétrica da água de irrigação, relacionada ao ambiente não-salino, é usada como critério para a avaliação da tolerância ao estresse salino.

Houve efeito da interação entre os fatores níveis de salinidade versus doses de nitrogênio (SxDN) aos 60 DAT para a fitomassa seca da raiz (FSR) vê-se efeito linear (Figura 2C) e decrescente nas plantas adubadas com 50, 75, 100 e 125% de N, respectivamente de 15,58; 15,18; 16,76 e 17,74%, por aumento unitário de CEa. A maior FSR foi de  $11,62 \text{ g planta}^{-1}$  obtido com o nível de salinidade ( $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ ) e a menor dose

de nitrogênio (50% de N). A menor FSR foi de 4,57 g planta<sup>-1</sup> obtido na combinação do mais alto nível de salinidade (3,28 dS m<sup>-1</sup>) e a dose de 125% de N. O excesso de sais na zona radicular tem, em geral, um efeito deletério no crescimento das plantas, que se manifesta por uma redução na taxa de transpiração e de crescimento. Provavelmente o excesso de sais reduziu o desenvolvimento da planta, devido ao aumento de energia que precisa ser desprendida para absorver água do solo (MEDEIROS et al., 2007). Fato esse que mostra um menor desprendimento de energia para o desenvolvimento do sistema radicular, o que resulta em uma redução na absorção de nutrientes, por diminuir a área de interceptação de nutrientes pela raiz (JIN et al., 2017).

Conforme os resultados da análise de variância (Tabela 3) vê-se que o fator salinidade afetou (p<0,01) apenas a variável extravasamento de eletrólito (EE). Já para o índice relativo de clorofila (IRC) houve efeito significativo (p<0,01) do fator dose de nitrogênio (DN). Contudo, o fator clone (C) e a interação entre os fatores salinidade da água de irrigação versus doses de nitrogênio (SxDN) e salinidade versus clones (SxC) não influenciou significativamente nenhuma variável avaliada indicando que os clones tiveram comportamento semelhante em diferentes níveis de salinidade de água de irrigação.

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância para índice relativo de clorofila (IRC) e extravasamento de eletrólitos (EE) em clones de cafeeiro Canéfora irrigados com águas salinas, aos 60 dias após o transplante – DAT, Rolim de Moura.

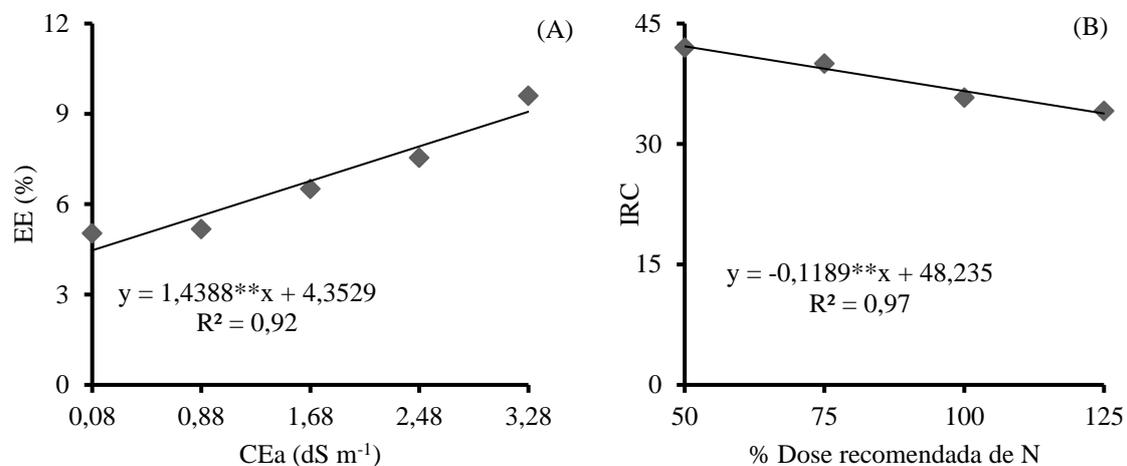
Causa da variação	Quadrados médios	
	EE	IRC
Salinidade (S)	85,585651**	57,8314 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	317,931085**	174,6261 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	21,515723**	26,2528 <sup>ns</sup>
Dose (DN)	0,025392 <sup>ns</sup>	400,6045**
Reg. Linear	0,006959 <sup>ns</sup>	1166,2483**
Reg. Quadrática	0,058302 <sup>ns</sup>	0,7505 <sup>ns</sup>
Clones (C)	1,985093 <sup>ns</sup>	163,1700 <sup>ns</sup>
Interação		
SxDN	0,069677 <sup>ns</sup>	151,1564 <sup>ns</sup>
SxC	1,099292 <sup>ns</sup>	63,5406 <sup>ns</sup>
SxDNxC	0,040166 <sup>ns</sup>	49,9879 <sup>ns</sup>
Bloco	14,404309**	250,0113**
Resíduo	0,652878	51,0799
CV(%)	11,93	18,82

<sup>ns</sup> e \*\* respectivamente não significativos e significativo a p < 0,01.

Constatou-se que o aumento da salinidade da água de irrigação promoveu acréscimo linear no extravasamento de eletrólitos (EE) das plantas de cafeeiro canéfora (Figura 3A) de 33,05% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de

irrigação aos 60 dias após o transplântio (DAT), e conforme a equação de regressão, as plantas submetidas à irrigação com CEa de 3,28 dS m<sup>-1</sup> tiveram acréscimo no extravasamento de eletrólito na ordem de 103,04% em comparação com as que estavam sob condutividade elétrica da água de irrigação de 0,08 dS m<sup>-1</sup>. Os resultados corroboram com os de Souza et al., (2012) ao constatarem que o aumento da salinidade da água de irrigação promove ruptura na membrana celular, causando aumento no extravasamento de eletrólitos. Efeitos semelhantes foram obtidos por Latrach (2014) e Ferraz et al., (2015) após constatarem que a irrigação com água salina aumentou a ruptura da membrana celular causando o extravasamento de eletrólitos em alfafa e mamona, respectivamente. O aumento observado no extravasamento de eletrólitos estar associado ao efeito da fitotoxicidade de sais em organismos vegetais devido ao acúmulo de íons em tecidos vegetais (SILVA et al., 2008). Além do mais, os distúrbios causados por este acúmulo, incidem em alterações na composição das estruturas de membranas e organelas celulares, que causam alterações morfofisiológicas nas plantas (MUNNS, 2005).

**Figura 1** - Extravasamento de eletrólitos (EE) e Índice relativo de clorofila (IRC) em clones de cafeeiro canéfora (C08 e C25), em função de dose recomendada de nitrogênio aos 60 dias após o transplântio – DAT.



Os valores obtidos em relação ao índice SPAD das folhas do cafeeiro aos 60 dias após o transplântio, apresentaram um efeito significativo isolado para as doses de nitrogênio (DN).

Nota-se, com relação à adubação nitrogenada, que o aumento da dose de N tendeu a diminuir o índice relativo de clorofila – IRC (Figura 3B), com decréscimo relativo de 6,16%, para cada incremento de 25% na dose de N, ou seja, quando as plantas foram

submetidas à dose de N de 125%, tiveram uma redução de 21,08% (IRC = 8,92) em comparação com as que continham adubação com 50% de N. De acordo com Santos et al. (2001) doses altas de nitrogênio podem ocasionar fitotoxicidade pela liberação de amônio durante o processo de hidrólise da ureia, deste modo elevando os níveis de amônio do meio. O amônio ao ser absorvido pela planta em excesso é tóxico porque dissipa o gradiente de pH através da membrana citoplasmática (FERREIRA et al., 2001), deste modo o excesso de nitrogênio faz com que ocorra uma queima da superfície foliar, o que diminui as folhas viáveis para realizar fotossíntese e conseqüentemente pelo dano das folhas queimadas.

Segundo Gilber et al., (2001) avaliando o nível de N na planta nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho (seis a sete folhas) em seu trabalho, obteve como resultado que a leitura realizada com o clorofilômetro não é muito precisa. Num ensaio em solo, Canali et al., (2014) verificaram que a leitura SPAD nas folhas de espinafre não foi afetada pela dose de nitrogênio aplicada. Contudo, em plantas de *Silene vulgaris* (erva-traqueira) essa leitura foi afetada pela forma de nitrogênio aplicada. Num ensaio em vasos, Pereira et al., (2009) verificaram que os valores SPAD revelaram-se bons indicadores do estado nutritivo nitrogênio do milho, estando linearmente relacionados com a produção de matéria seca e com o nitrogênio exportado.

## CONCLUSÃO

A irrigação com água de condutividade elétrica a partir de 0,08 dS m<sup>-1</sup> reduziu a condutância estomática, a transpiração, a concentração interna de CO<sub>2</sub> e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> em clones (08 e 25) de cafeeiro canéfora aos 30 dias após o transplântio.

A adubação com dose de N acima de 50% (270,55 mg de N dm<sup>-3</sup> de solo) da dose recomendada à cultura não mitigou os efeitos deletérios provocados pelo aumento da salinidade da água no crescimento das plantas. Porém, reduziu o índice relativo de clorofila.

Não houve interação entre os níveis salinos e doses de nitrogênio nas variáveis estudadas, exceto para fitomassa seca de raiz.

A irrigação com água de salinidade superior a 0,08 dS m<sup>-1</sup>, reduziu linearmente a fitomassa fresca e seca da parte aérea e seca de raiz, enquanto elevou linearmente o extravasamento de eletrólitos dos clones C08 e C25, aos 60 dias após o transplântio.

## REFERÊNCIAS

- AMIRJANI, M. R. Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme activity of rice. **International Journal of Botany**, v. 7, n. 1, p. 73-81, 2011.
- ARGENTA, G.; DA SILVA, P. R. F.; BARTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STREIDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.
- BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, v. 2, n. 2, p. 48-54, 1997.
- BRITO, M. E. B., SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchange and fluorescence of citrus rootstocks varieties under saline stress. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, p. 1-8, 2016.
- CANALI, S.; DIACONO, M.; CIACCIQ, C.; MASETTI, O.; TIFFARELLI, F.; MONTEMURRO, F. Alternative strategies for nitrogen fertilization of overwinter processing spinach (*Sipnacia oleracea* L.) in Southern Italy. **European Journal of Agronomy**, v. 5, n. 4, p. 47-53, 2014.
- CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, Sup., p. 699-705, 2011.
- CENTENO, C. R. M.; SANTOS, J. B. dos; XAVIER, D. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYIR, H. R. Componentes de produção do girassol Embrapa 122-V2000 sob salinidade da água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, (Suplemento), p. 39-45, 2014.
- CHEN, W.; HOU, Z.; WU, L.; LIANG, Y.; WEI, C. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. **Plant and Soil**, v. 326, n. 1, p. 61-73, 2010.
- COSTA, D. M. A. **Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto**. 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- ELGHARABLY, A.; MARSCHNER, P.; RENGASAMY, P. Wheat growth in a saline sandy loam soil as affected by N form and application rate. **Plant and Soil, Netherlands**, v. 328, n. 1, p. 303-312, 2010.
- EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.
- FALKER. **Automação agrícola. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila** (ClorofiLOG/CFL 1030). Porto Alegre, 2008. 33 p.
- FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; SOARES FILHO, W. dos. S.; MELO, A. S. de.; CARNEIRO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 259-267, 2011.
- FERRAZ, R. L. D. S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTRÃO, N. E. D. M.; MELO, A. S. D.; NETO, B.; ROCHA, M. D. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 841-848, 2015.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

- FERREIRA, V. P.; ROCIO, A. C.; LAUER, C.; ROSSONI, E.; NICOULAUD, B. A. L. Resposta de alfaca à fertilização nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v. 19, suplemento CD-ROM, 2001.
- FIGUEREDO, L. F.; JUNIOR, S. D. O. M.; DE SOUZA FERRAZ, R. L.; DUTRA, A. F.; BEZERRA, J. D.; MELO, A. S. Crescimento e partição de massa seca em mudas de mamoeiro sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 12, n. 6, p. 2984-2990, 2018.
- GILBER, A.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER M. L. **Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho**. Departamento de Plantas de Lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. v. 3, p. 158-167, 2001.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.
- HAN, J.; SHI, J.; ZENG, L.; XU, J.; WU, L. Effects of nitrogen fertilization on the acidity and salinity of greenhouse soils. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 4, p. 2976-2986, 2015.
- HAWORTH, M.; MARINO, G.; BRUNETTI, C.; KILLI, D.; DE CARLO, A.; CENTRITTO, M. The Impact of Heat Stress and Water Deficit on the Photosynthetic and Stomatal Physiology of Olive (*Olea europaea* L.) A Case Study of the 2017 **Heat Wave Plants**, v. 7, n. 4, p. 76-79, 2018.
- HERNANDEZ, J. A.; OLMOS, E.; CORPAS, F. J.; SEVILLA, F.; DEL RIO, L. A. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. **Plant Science**, v. 105, p. 151-167, 1995
- HUSSAIN, S.; LUROG, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULTR, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v. 81, s/n. p. 103-112, 2012.
- ICO. INTERNACIONAL COFFEE ORGANIZATION. **History**. 2020. Disponível em: [http://www.ico.org/icohistory\\_e.asp?secn>About\\_Us](http://www.ico.org/icohistory_e.asp?secn>About_Us). Acesso em: 13 dez. 2021.
- JIN, K.; WHITE, P. J.; WHALLEY, W.R., SHEN, J.; SHI, L. Shaping an optimal soil by root-soil interaction. **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 10, p. 823-829, 2017.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.
- LATRACH, L.; FARISSI, M.; MOURADI, M.; MAKOUDI, B.; BOUIZGAREN, A.; GHOULAM, C. Growth and nodulation of alfalfa rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 38, n. 3, p. 320-326, 2014.
- LEITE, J. V. Q.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R., SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.
- LÓPEZ-CLIMENT, M. F.; ARBONA, V.; PÉREZ-CLEMENTE, R. M.; GÓMES-CADENAS, A. Relação entre tolerância ao sal e desempenho da maquinaria fotossintética em citros. **Botânica Ambiental e Experimental**, Amsterdam, v. 62, n. 2, p. 176-184, 2008.
- LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1245-1255, 2012a.
- MARTINS, M. Q.; RODRIGUES, W. P.; FORTUNATO, A. S.; LEITÃO, A. E.; RODRIGUES, A. P.; PAIS, I. P.; MARTINS, L. D.; SILVA, M. J.; REBOREDO, F. H.; PARTELLI, F. L.; CAMPOSTRINI, E.; TOMAZ, M. A.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; LIDON, F. J. C.; DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Protective Response Mechanisms to Heat Stress in Interaction with High [CO<sub>2</sub>] Conditions in *Coffea* spp. **Frontiers in Plant Science**, v. 29, p. 947-964, 2016.

- MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 248–255, 2007.
- MISHRA, M. K.; SLATER, A. Recent Advances in the Genetic Transformation of Coffee. Review Article. **Biotechnology Research International**. v. 31, p. 1-17, 2012.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, p. 645-663, 2005.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.
- MUSYIMI, D. M.; NETONDO, G. W.; OUMA, G. Efeitos da salinidade nas trocas gasosas e absorção de nutrientes em abacates. **Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 3, p. 496-505, 2007.
- NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. 1991. p. 189-253.
- OLIVEIRA, W. J. D.; SOUZA, E. R. D.; CUNHA, J. C.; SILVA, Ê. F. D. F.; VELOSO, V. D. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO<sub>2</sub> efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 32-37, 2017.
- PARTELLI, F. L.; GOMES, W. R.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Normas foliares e diagnóstico nutricional do cafeeiro na pré-florada e granação. Lavras, MG, **Coffee Science**, v. 11, n. 4, p. 544 – 554, 2016.
- PEREIRA, G. P.; RODRIGUES, M.; ARROBAS, M. Avaliação da liberação de azoto a partir de corretivos orgânicos utilizando membranas de troca aniônica e um medidor de clorofila SPAD-502. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 32. p. 27-39, 2009.
- PRAXEDES, S. C.; LACERDA, C. F. de; DAMATTA, F. M.; PRISCO, J. T.; GOMESFILHO, E. Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, n. 3, p. 193-204, 2010.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48.
- RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants as affected by winter and summer conditions. **Photosynthetica**, v. 47, n. 2, p.215-222, 2009.
- SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1395-1398. 2001.
- SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, ANH-THU.; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three Vigna genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, p.1002-1013, 2013.
- SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Efeitos comparativos da salinidade e do estresse hídrico na fotossíntese, relações hídricas e crescimento de plantas de Jatropha. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 10, p. 1130-1137, 2010.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 383–389, 2011.

SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. DOS S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, suplemento, p. 1-7, 2014.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. DE M.; SEVERINO, L. S.; SOARES, S. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 335-342, 2008.

SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Desenvolvimento inicial do clone BRS 275 de cajueiro sob irrigação com diferentes níveis salinos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p. 166-171, 2011.

SOUSA, G. G., VIANA, T. V. A., LACERDA, C. F., AZEVEDO, B. M., SILVA, G. L., COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

SOUSA, J. R. M. GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F. Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges, **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 415-424, 2016.

SOUZA, L. de P.; NOBRE, R. G.; SOILVA, E. M. da.; LIMA, G. S. de.; PINHEIRO, F. W. A.; ALMEIDA, L. L. de S. Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 739-745, 2016.

SOUZA, S. C. de.; SILVA, E. A. F da.; OLIVEIRA, J. W. de.; BELTÃO, N. E. M. de.; ROCHA, M. S. do. Extravasamento dos eletrólitos da mamoneira BRS energia sob estresse salino e aplicação de silício foliar. V Congresso Brasileiro de Mamona/II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidade: **Anais [...]**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. p. 161.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 719 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.

TEMÓTEO, A. S. **Cultivares de café conilon (*Coffea canephora*) sob estresse salino-hídrico**. 2012. 134p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp, Botucatu, São Paulo, 2012.