

CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE CAFEIEIRO CONILON SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO-HÍDRICO¹

AMANSLEONE DA SILVA TEMOTEO^{2*}, ANTÔNIO DE PADUA SOUSA², CÍCERO MANOEL
DOS SANTOS², ÉRICO TADAO TERAMOTO²

RESUMO - A cultura do cafeeiro apresenta grande importância no cenário nacional e na economia do país. Entretanto, a resposta da cultura ao estresse salino ainda é pouco estudada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de duas cultivares de café Conilon submetidas a diferentes condições de salinidade e baixa disponibilidade de água no solo. O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×2×4, com duas cultivares de Conilon (clone 120 e clone 14), dois teores de água no solo (50 % e 70 % da água disponível do solo) e quatro níveis de salinidade no solo (0, 2,0, 4,0 e 6,0 dS m⁻¹). Foram avaliadas as características fisiológicas de crescimento área foliar (Área F), altura do caule (Alt. C), diâmetro do caule (Diâm. C), números de ramos plagiotrópicos, biomassa da parte aérea e raiz. Dentre as variáveis de crescimento analisadas, a Área F e a massa seca de folha e de raiz foram os melhores indicadores da presença de estresse salino-hídrico. A cultivar clone 120 foi moderadamente tolerante à salinidade do solo, apresentando menor redução na área F e na massa seca de folhas quando submetida ao estresse salino-hídrico.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Salinidade do solo. Déficit hídrico.

GROWTH CONILON COFFEE CULTIVARS SUBJECTED TO SALINE-HIDRIC STRESS

ABSTRACT - The culture of coffee is quite important on the national scene and in the country's economy. Though, the crop response to salt stress is not well known. The objective of this paper was to evaluate comparatively the initial growth of seedlings of two Conilon coffee cultivars under different conditions of soil salinity, and low water availability in the soil. The experiment followed a randomized block design in factorial arrangement with two Conilon cultivars (clones 120 and 14), two levels of water in the soil (50% and 70% of available soil water) and four levels of soil salinity (0; 2.0; 4.0 and 6.0 dS m⁻¹). The physiological characteristics of growth: leaf area (Area F), stem height (Height. C), Stem diameter (Dia. C), reproductive branches numbers, shoot biomass and root were evaluated. Among the growth variables, leaf area and leaf dry mass and root are the best indicators of the presence of saline-hydric stress. The cultivar clone 120 is moderately tolerant of soil salinity, with less reduction in leaf area and leaf dry mass when subjected to salt stress.

Keywords: *Coffea canephora*. Soil salinity. Water deficit.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 10/06/2014; aceito em 18/02/2015.

Tese do Programa de Pós Graduação em Agronomia do primeiro autor.

²Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP/FCA), Departamento de Engenharia Rural, Rua José Barbosa de Barros, nº1780, CEP 18610-307, Botucatu (SP), amanst2@yahoo.com.br, padua@fca.unesp.br, cicermanoel@fca.unesp.br, ericoengineer@fca.unesp.br.

INTRODUÇÃO

A cultura do café (*Coffea canephora*) exerce papel de forte e expressiva influência na agricultura e na economia brasileira, sendo destaque dentre os produtos de exportação. Com o uso da irrigação e do desenvolvimento de novas cultivares, a cafeicultura no Brasil tem se expandido para regiões marginais consideradas até então inaptas por apresentarem deficiência hídrica, tais como Bahia, Ceará e Pernambuco, os quais já apresentam o cultivo comercial de café (GOMES et al., 2007; REZENDE et al., 2010). Porém, além da restrição hídrica, algumas regiões brasileiras também apresentam outros fatores limitantes, como a presença de solos e água salinizados, comum em locais de clima árido ou semiárido.

A variedade de café Conilon é tolerante à seca, apresentando elevada eficiência na absorção e uso da água disponível no solo, e adaptada a locais de clima quente, com temperatura do ar acima de 22 °C (DaMATTA; RAMALHO, 2006). Em relação à tolerância do cafeeiro à salinidade, poucas informações são encontradas na literatura (NAZÁRIO et al., 2010).

A maioria dos trabalhos desenvolvidos avaliando os efeitos da salinidade da água e do solo no crescimento e desenvolvimento das plantas de cafeeiro deram ênfase à variedade arábica (KARASAWA et al., 2003; FIGUEIRÊDO et al., 2006; FARIA et al., 2009). A resistência ao estresse salino depende da cultivar estudada, da disponibilidade de água no solo e do estágio de desenvolvimento da planta. Os trabalhos indicam que na variedade arábica o crescimento inicial das plantas é prejudicado pela salinidade da água a partir de 1,2 dS m⁻¹ e que as plantas nessa variedade não sobrevivem em condições de salinidades entre 1,5 e 6,0 dS m⁻¹ (FIGUEIRÊDO et al., 2006; KARASAWA et al., 2003). Nesse contexto, cultivares de cafeeiro Conilon com características fisiológicas de resistência à seca (Clone 120 e Clone 14) podem apresentar características de crescimento e desenvolvimento em detrimento ao estresse salino-hídrico.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi

avaliar o crescimento de mudas de duas cultivares de café Conilon submetidas a diferentes condições de salinidade do solo manejado em baixa disponibilidade de água.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro 2009 a abril de 2010 em ambiente protegido, localizado no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP-FCA, Botucatu, São Paulo. O município está situado sob as coordenadas geográficas de 22°, 85' S de latitude, 48° 43' W de longitude e altitude 786 m. O clima da região é classificado pelo método de Köppen como sendo Cfa, ou seja, temperado quente úmido (CUNHA; MARTINS, 2009). E a precipitação média acumulada anualmente média é de 1.428,4 mm e temperatura média anual de 20,3 °C.

Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial de 2×2×4, em blocos ao acaso, com quatro repetições, e uma planta por vaso, em parcelas subdivididas no tempo. Esse fatorial corresponde a duas cultivares de cafeeiro (clone 120 e clone 14), dois níveis de umidade do solo (50 % e 70 % da água disponível do solo) e quatro níveis de salinidade no solo (0, 2,0, 4,0 e 6,0 dS m⁻¹).

As unidades experimentais foram compostas por vasos com volume de 10 L contendo amostras de um solo classificado como Neossolo Flúvico Distrófico (EMBRAPA, 2006), coletado na camada de 0-30 cm e salinizado artificialmente. Para obtenção do solo salino nas diferentes condutividades elétricas dos referidos tratamentos o mesmo foi incubado por um período de dez d com doses crescentes de NaCl na faixa de 0 a 5,0 g kg⁻¹ de solo. Após período de incubação foi preparada a pasta saturada do solo obtendo-se o extrato saturado do solo de acordo com Richards (1980). Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentadas as características químicas e físico-hídricas do solo, respectivamente, de acordo com a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento: Matéria Orgânica (MO); Fósforo (P); Hidrogênio (H); Alumínio (Al); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Sódio (Na); Saturação por base (SB); Capacidade de troca de cátions (CTC); e Porcentagem de saturação por bases (V).

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	Al	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC	V	
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³									%
4,7	10	7	31	-	1,5	15	3	0,02	20	51	40	

Tabela 2. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento: Condutividade elétrica (CE); saturado (ST); capacidade de campo (CC); e ponto de murcha (PM).

Frações granulométricas			Textura	Características hídricas			
Areia/T	Argila	Silte		CE	ST	CC	PM
	g kg ⁻¹			dS m ⁻¹		cm ³ cm ⁻³	
656	272	72	Média	0,068	0,46	0,45	0,06

A adubação de correção foi efetuada 30 d antes do transplântio das mudas seguindo recomendação de Raij et al. (1997) para elevar a saturação por base a 80% utilizando calcário dolomítico na quantidade de 7,65 g vaso⁻¹ de 10 litros. Dez d antes do transplântio foi feita a adubação fosfatada com superfosfato simples utilizando 18,2 g vaso⁻¹. A adubação nitrogenada e a potássica foram aplicadas em dose única na quantidade de 2,0 e 0,8 g vasos⁻¹ em cobertura após o pegamento das mudas, usando como fontes sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. As adubações seguiram recomendações de Raij et al. (1997).

As mudas no momento do transplântio estavam com 160 d e apresentavam seis pares de folhas, altura média de 26 cm e diâmetro caulinar médio de 4,5 mm, e foram obtidas do enraizamento de estacas de ramos ortotrópicos. Efetuado o transplântio, as mudas foram mantidas no solo com teor de água próximo a capacidade de campo por 15 d. Após esse período, ao atingir os teores de água no solo de 50 % (0,0069 MPa) e 70 % (0,0078 MPa) da água disponível, os vasos passaram a ser monitorados por pesagens diárias, com reposição da água até os níveis pré-determinados. E utilizou-se água de abastecimento com condutividade elétrica (CE) de 0,06 dS m⁻¹.

As avaliações foram feitas aos 15 d após o estabelecimento da cultura, sendo esse período considerado como época (0) e após a diferenciação dos tratamentos (DAT) de água no solo nas épocas 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 e 180 DAT.

Nessas épocas, em todas as plantas, foram avaliadas as variáveis de crescimento: área foliar (Área F); altura do caule (Alt. C); e diâmetro do caule (Diâm. C). A Área F foi determinada através do método (não destrutivo para cafeeiro) proposto por Barros et al. (1973), utilizando a equação ($R^2 = 0,989$):

$$y = 0,667 \times x$$

onde y é a Área F (expresso em cm²) e x a

área do retângulo circunscrito à folha, correspondente ao produto do maior comprimento pela maior largura da folha, obtido em uma folha de cada par de folhas, utilizando fita métrica. A Alt. C (expresso em cm) foi mensurada a partir do colo da planta até o seu meristema apical com uso de fita métrica. O Diâm. C (expresso em mm) foi determinado 2 cm acima do solo, na região do colo da planta, utilizando um paquímetro digital de precisão de 0,02 mm.

Ao final do experimento (180 DAT) foi contado o número de ramos plagiotrópicos, e por ocasião da coleta as plantas foram separadas em parte aérea (folhas, caule e ramos) e parte radicular (raízes) e o material seco em estufa de circulação forçada a 70 °C durante 72 h para obtenção da massa seca. A massa seca dos tecidos foi obtida através de pesagem realizada em balança eletrônica digital, de precisão 0,01g.

Os dados registrados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com comparação de médias pelo teste F a 5 % de probabilidade, por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Para a obtenção das equações de ajustes e análise de regressão das características de crescimento (Área F, Alt. C e Diâm. C) foi usado a técnica de superfície de respostas, sendo os gráficos das interações elaborados pelo programa *Statsoft* (2007). A análise de regressão do número de ramos e massa seca da parte aérea e raiz foi realizada através do *software* estatístico Origin 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento das mudas de cafeeiro, de modo geral, foi influenciado pelos tratamentos aplicados e suas interações (Tabela 3). A área foliar, em média, foi maior na condição de maior disponibilidade de água no solo. A altura e o diâmetro de caule foram, em média, maiores na cultivar 120 e 14, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Quadrado médio para área foliar (Área F), altura (Alt. C) e diâmetro do caule (Diâm. C) em função de cultivar, teor de água no solo, salinidade, época de exposição ao estresse e médias em função de cultivar (C 120 e 14) e teor de água no solo (U 50 e U 70 %).

Fator de variação	GL	Área F (cm ²)	Alt. C (cm)	Diâm. C (mm)
Cultivar (C)	1	165198,00ns	10120,35**	34,72*
Umidade (U)	1	1333850,09**	0,97ns	0,00ns
Salinidade (S)	3	21033807,34**	605,26**	93,57**
Bloco	3	176111,67ns	76,21ns	11,68ns
C*U	1	141308,19ns	72,22ns	1,99ns
C*S	3	43032,97ns	22,46ns	4,05ns
U*S	3	1848838,06**	71,12ns	30,15*
C*U*S	3	185328,37ns	112,14ns	20,22*
Época (E)	5	2337619,66**	227,99**	154,34**
E*C	5	137451,52**	12,93**	0,45ns
E*U	5	180897,37**	2,73ns	0,16ns
E*S	15	1716813,92**	59,43**	6,79**
E*C*U	5	106880,88**	3,68ns	0,52ns
E*C*U*S	15	74111,44**	5,26**	5,11**
Médias				
C 120		561,80 a	34,18 a	6,56 b
C 14		501,63 a	25,91 b	6,81 a
U 50 %		472,05 b	29,85 a	6,58 a
U 70 %		563,35 a	29,93 a	6,58 a
CV. 1 (%)		50,25	38,89	40,70
CV. 2 (%)		31,17	5,71	13,26

* significativo até 0,05; ** significativo até 0,01; e ^{ns} não significativo até 0,05. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

A área foliar, em ambas as cultivares, independentemente do nível de água no solo, foi afetada negativamente pela salinidade, com o aumento do tempo de exposição ao estresse. Apesar do efeito negativo, a C 120 na maior salinidade do solo (6 dS m⁻¹) aos 180 d apresentou área foliar 41,98 % (140,98 cm²), maior que a C 14 (81,79 cm²) no maior nível de água no solo (U 70%) (Figuras 1 e 2). Nessa mesma salinidade e na menor umidade de água no

solo (U 50%) a área foliar da C 120 foi 79,89 % (232,47 cm²), maior que a C 14 (45,97 cm²) (Figuras 1 e 2). A área foliar da C 120 na salinidade de 6 dS m⁻¹ foi 94,53 e 90,75 % menor em relação à salinidade do solo de 0 dS m⁻¹ nas umidades de U 70 e U 50 %, respectivamente. Já na C 14, esses valores foram 96,66 % (U 70 %) e 96,94 % (U 50 %) menores em comparação à salinidade 0 dS m⁻¹ (Figuras 1 e 2).

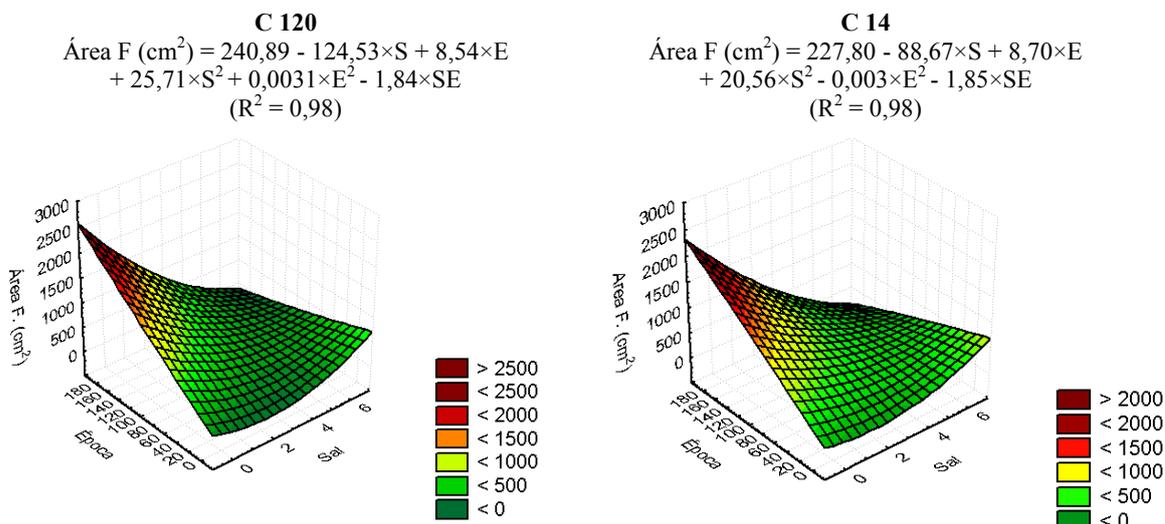


Figura 1. Superfície de resposta para a área foliar (Área F) em função da cultivar (C 120 e C 14), salinidade (Sal, S) e do tempo de exposição ao estresse (Época, E).

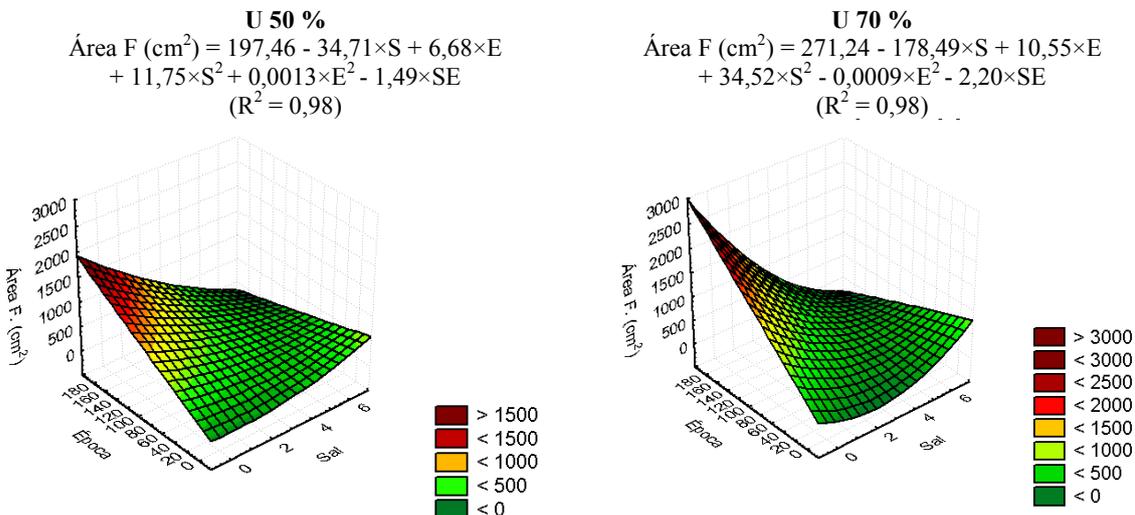


Figura 2. Superfície de resposta para área foliar (Área F) em função do teor de água no solo (U 50 e U 70), salinidade (Sal, S) e do tempo de exposição ao estresse (Época, E).

A capacidade de aumento da área foliar nas duas cultivares, com o aumento da salinidade, tendeu a ser igual ao longo do tempo. A mesma tendência foi verificada dentro dos teores de água no solo (Figuras 1 e 2). Ao avaliarem o crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo, Figueirêdo et al. (2006) verificaram que a partir de 78 d após estabelecimento das mudas a área foliar foi reduzida linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação. Nazário et al. (2010) em mudas de cafeeiro Conilon, irrigadas com água salina (0,0, 1,0, 2,0, 3,0 e 4,0 dS m⁻¹), observaram que a

salinidade provocou decréscimo da área foliar das plantas, a partir dos 180 d após o plantio. Isso ocorre porque a salinidade interfere em processos fisiológicos, causando a redução da fotossíntese pelo fechamento estomático, resultando na diminuição de crescimento das plantas (KARASAWA et al., 2003).

Quanto aos efeitos da umidade do solo, Dardengo et al. (2009) verificaram reduções na área foliar em cafeeiro Conilon sob déficit hídrico em períodos maiores que o imposto neste trabalho. Damatta et al. (2006), comparando clones de Conilon sensíveis (46 e 201) aos tolerantes (14 e 120) a seca,

verificaram que clones sensíveis ao déficit hídrico apresentaram baixa área foliar e sobrevivência comprometida após 105 d de estiagem. A redução na Área F causada pelos estresses hídrico e salino seria uma resposta adaptativa das plantas que visam reduzir o processo transpiratório e com isso proporcionar uso eficiente da água disponível no solo, reduzindo a absorção de íons tóxicos e prolongando a sobrevivência da planta (NEUMANN, 1988).

A altura das cultivares de cafeeiro (Alt. C), cultivados sob diferentes teores de água no solo, sofreram influência negativa da salinidade do solo aos

180 DAT, com ajuste quadrático (Figuras 3 e 4). Na cultivar 120, essa altura variou de 30 a 40 cm, sendo os menores valores, obtidos com as maiores salinidades. Na cultivar 14, o efeito do estresse salino foi mais expressivo, com valores variando de 20 a 35 cm com o aumento da salinidade do solo (Figura 3). Esses resultados se assemelham aos observados por Souto et al. (2013) e Souza et al. (2014) em mudas de noni (*Morinda citrifolia* L.), espécie pertencente à família do cafeeiro, ao verificarem reduções nas variáveis de crescimento com o aumento da salinidade da água de irrigação.

C 120

$$\text{Alt. C. (cm)} = 28,71 + 0,24 \times S + 0,11 \times E + 0,008 \times S^2 - 0,0002 \times E^2 - 0,012 \times SE$$

(R² = 0,98)

C 14

$$\text{Alt. C. (cm)} = 22,07 - 0,27 \times S + 0,10 \times E + 0,10 \times S^2 - 0,0003 \times E^2 - 0,01 \times SE$$

(R² = 0,98)

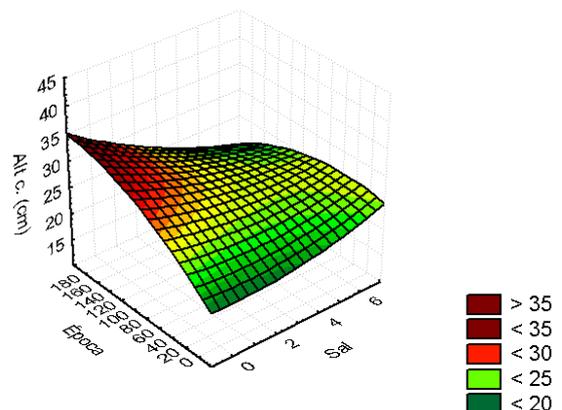
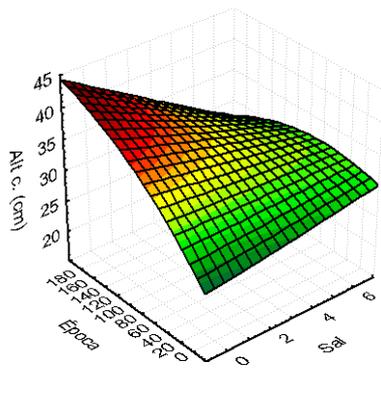


Figura 3. Superfície de resposta para a altura (Alt. C) do caule em função da cultivar (C 120 e C 14), salinidade (Sal, S) e do tempo de exposição ao estresse (Época, E).

U 50 %

$$\text{Alt. C (cm)} = 24,88 + 0,58 \times S + 0,10 \times E + 0,03 \times S^2 - 0,0003 \times E^2 - 0,01 \times SE$$

(R² = 0,98)

U 70 %

$$\text{Alt. C (cm)} = 25,90 - 0,61 \times S + 0,11 \times E + 0,14 \times S^2 - 0,0002 \times E^2 - 0,013 \times SE$$

(R² = 0,98)

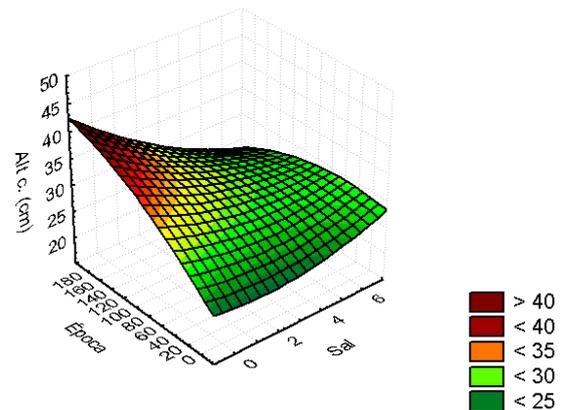
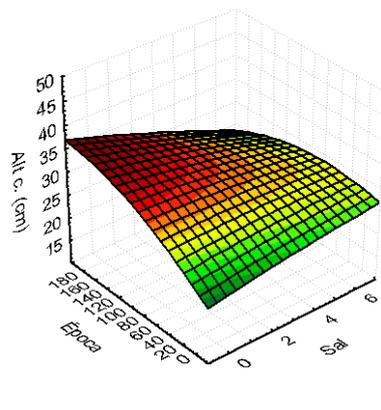


Figura 4. Superfície de resposta para altura do caule (Alt. C) em função do teor de água no solo (U 50 e U 70), salinidade (Sal, S) e do tempo de exposição ao estresse (Época, E).

Quando variaram-se os teores de água no solo, os resultados seguiram a mesma tendência e as menores alturas foram observadas em função do aumento da salinidade. Entretanto, a redução foi maior nos tratamentos submetidos a menor disponibilidade de água no solo. Avaliando a influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares

de Conilon, Araújo et al. (2011) encontraram aos 180 d valores em altura de caule de 27 a 29 cm, sob déficit hídrico (suspensão total da irrigação de 60-90 d após transplantio) e 90-120 d de suspensão, respectivamente. Os valores observados neste trabalho dentro dos dois teores de água no solo e das duas cultivares apresentaram valores em média 25,3% (35-40

cm, Figuras 3 e 4) maiores que os encontrados por Araújo et al. (2011). Esse maior crescimento provavelmente esteja relacionado a um maior ajustamento osmótico das cultivares aqui estudada, uma vez que se tem evidenciado que clones de cafeeiro Conilon em condições de não irrigados exibem algum grau de ajustamento osmótico (aumento líquido na concentração de solutos do suco celular) (DaMATTA; RAMALHO; 2006).

Seguindo a mesma tendência das demais variáveis, verifica-se que o diâmetro do caule também foi afetado pela salinidade do solo com o aumento do tempo de exposição ao estresse salino nas diferentes cultivares e teores de água no solo (Figuras 5 e 6). Aos 180 DAT o aumento do diâmetro foi inibido no maior nível de salinidade. Para as cultivares 14 e

120, na menor e maior disponibilidade de água no solo, o diâmetro variou de 4 a 10 mm e de 4 a 12 mm, respectivamente (Figuras 5 e 6). Esses valores são maiores que os encontrados por Araújo et al. (2011) para as mesmas cultivares sob condições de déficit hídricos. Silva et al. (2010) encontraram diâmetro médio de 5,2 mm para a cultivar 120 sob déficit hídricos severo (suspensão da rega até potencial de -3,0 MPa). Observa-se que o diâmetro caulinar na cultivar 120 foi menos influenciado pela salinidade do solo quando comparado a cultivar 14 (Figuras 5 e 6). Segundo Almeida et al. (2005), o diâmetro caulinar está diretamente relacionado a taxa de sobrevivência das culturas em condições de estresse e é considerado um indicador das taxas de assimilação líquida da fotossíntese.

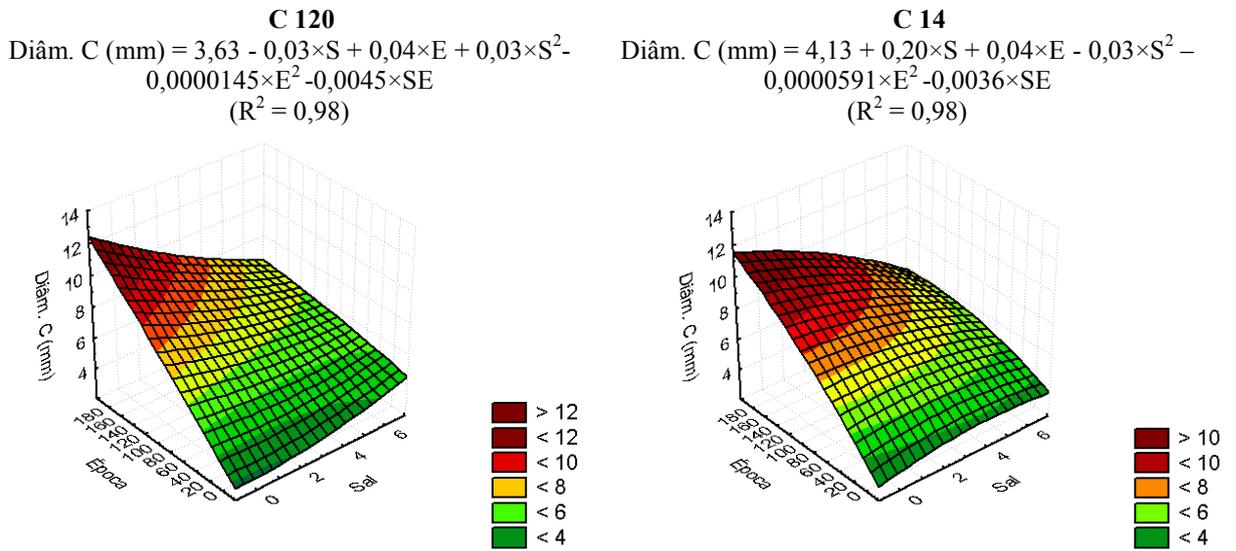


Figura 5. Superfície de resposta para o diâmetro (Diâm. C) do caule em função da cultivar (C 120 e C 14), salinidade (Sal, S) e do tempo de exposição ao estresse (Época, E).

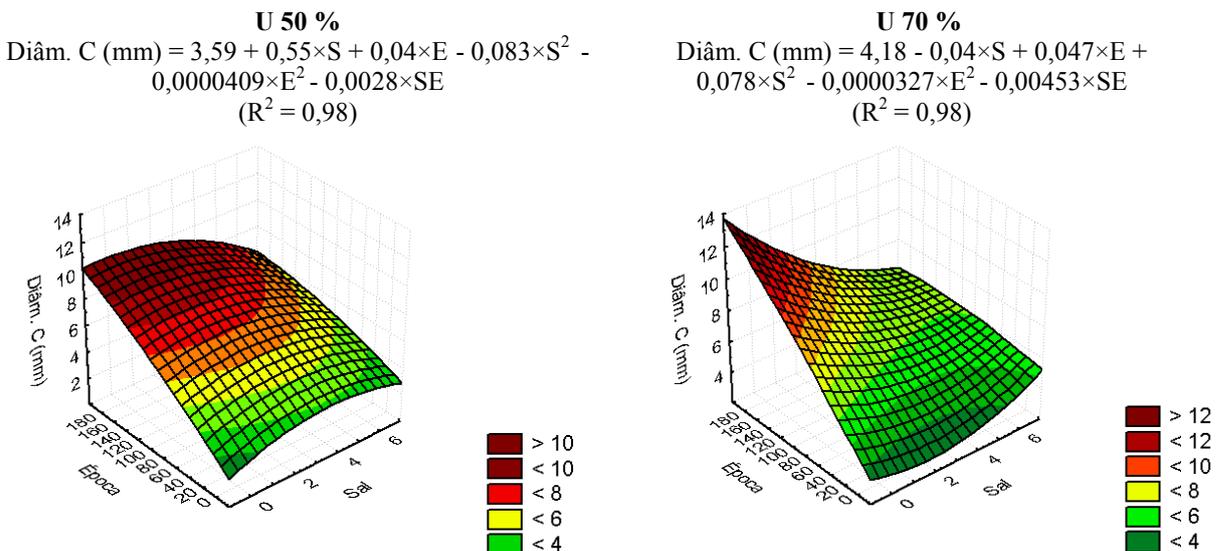


Figura 6. Superfície de resposta para diâmetro do caule (Diâm. C) em função do teor de água no solo (U 50 e U 70), salinidade (Sal, S) e do tempo de exposição ao estresse (Época, E).

No nível de maior salinidade do solo (6 dS m^{-1}) o efeito do estresse salino foi mais pronunciado sobre a redução na altura e diâmetro caulinar em ambas as cultivares, indicando maior sensibilidade das plantas quando submetidos a esse estresse, o que está de acordo com Maeda et al. (2010), embora para Benincasa (2003) a altura seja um dos parâmetros menos susceptíveis às variações ambientais.

Nota-se que o limite de tolerância das plantas à salinidade do solo tem relação com a concentração salina imposta, tempo de exposição e estágio de desenvolvimento, e que cultivares de uma mesma espécie podem responder de modo diferente aos efeitos da salinidade do solo nas diferentes fases de desen-

volvimento. Entre clones de Conilon, há evidências de que os mecanismos de tolerância diferencial ao déficit hídrico são controlados pela eficiência de extração da água do solo e pelas taxas de uso da água (DaMATTA; RAMALHO; 2006).

O número de ramos plagiotrópicos foi em média 14 % maior na cultivar 120, quando comparada a cultivar 14 (Tabela 4). Considerando a interação entre os tratamentos, a produção de ramos plagiotrópicos, em ambas as cultivares, foi inibida pela salinidade nos diferentes teores de água no solo (Figura 7a e 7b). Na Tabela 5 encontram-se as equações de regressão considerada para a interação.

Tabela 4. Quadrado médio para massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) e número de ramos plagiotrópicos por planta (Nº Ramos) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U 50% e U 70%).

Fator de Variação	GL	Nº de ramos	MSF	MSC	MSR	MSRZ
g planta^{-1}						
Cultivar (C)	1	13,14**	148,77**	1,13 ^{ns}	8,43*	8,79 ^{ns}
Umidade (U)	1	0,39 ^{ns}	240,017**	22,31**	12,86**	63,18**
Salinidade (S)	3	179,76**	1329,49**	268,86**	75,53**	845,02**
Bloco	3	3,93*	11,69 ^{ns}	7,39**	6,78**	21,20**
C*U	1	9,76*	26,18*	8,60*	0,80 ^{ns}	72,39**
C*S	3	11,51**	18,65*	0,31 ^{ns}	3,29 ^{ns}	5,62 ^{ns}
U*S	3	18,51**	296,52**	43,74**	9,27**	170,36**
C*U*S	3	9,14**	23,96**	43,23**	9,35**	24,46**
Média (g planta^{-1})						
C 120		7,41 a	11,98 a	6,03 a	3,10 a	7,26 a
C 14		6,50 b	8,93 b	5,77 a	2,37 b	6,52 a
U 50%		7,03 a	8,52 b	5,31 b	2,28 b	5,90 b
U 70%		6,88 a	12,40 a	6,49 a	3,18 a	7,88 a
CV. (%)		16,74	21,78	21,82	46,08	30,54

* significativo até 0,05; ** significativo até 0,01; e ^{ns} não significativo até 0,05. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

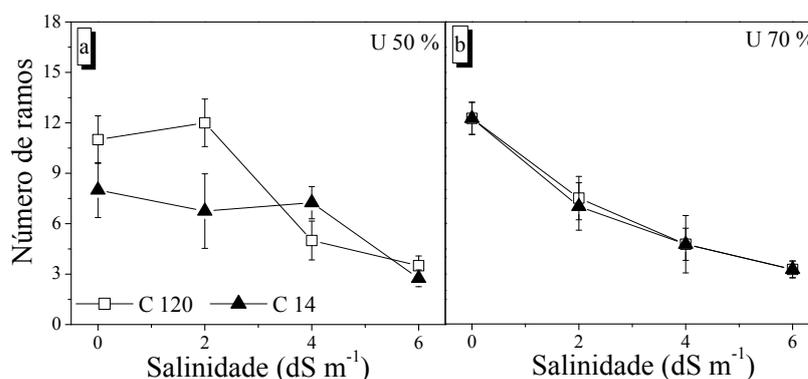


Figura 7. Número de ramos plagiotrópicos em função da salinidade do solo para as cultivares 120 e 14 nos teores de água no solo de 50 % (a) e 70 % (b) da água disponível.

Tabela 5. Equações da curva do número de ramos (N) em função dos níveis de salinidade (S) para as cultivares C 120 e C 14 nas umidades de 50 % e 70 %.

Cultivar	Umidade (%)	Equação	R ²	P
C 120	U 50	$N = 11 + 4,75 \times S - 2,68 \times S^2 + 0,28 \times S^3$	1,00	<0,0001
	U 70	$N = 12,55 - 3 \times S + 0,34 \times S^2 - 0,02 \times S^3$	1,00	<0,0001
C 14	U 50	$N = 8 - 2,18 \times S + 1,06 \times S^2 - 0,14 \times S^3$	1,00	<0,0001
	U 70	$N = 12,25 - 3,75 \times S + 0,65 \times S^2 - 0,05 \times S^3$	1,00	<0,0001

R² = coeficiente de determinação; e P = significância.

Na condição de menor disponibilidade de água no solo (U 50 %), a produção dos ramos plagiotrópicos na cultivar 120 no nível de salinidade de 2 dS m⁻¹ foi 64% maior quando comparado a cultivar 14 (Figura 7a). Com o aumento da salinidade para os níveis 4 e 6 dS m⁻¹, a cultivar 14 apresentou menor produção de ramos no menor nível de água (Figura 7a). Na condição de maior disponibilidade de água no solo (U 70 %), as cultivares tiveram comportamentos semelhantes em função do aumento da salinidade do solo, apresentando decréscimos de 73 % no nível de salinidade no solo (6 dS m⁻¹) quando comparado ao nível zero de salinidade (Figura 7b). Na literatura não há relatos quanto à produção de ramos plagiotrópicos em função da salinidade para cafeeiro. Entretanto, em condições de déficits hídricos para Conilon não tem sido verificado diferenças quanto a essa característica em cultivares estudadas conforme observado por Marsetti et al. (2013).

Na produção de massa de matéria seca, considerando apenas cultivares, a cultivar 120 foi em média 25,45% e 23,54% para folha e ramo, respectivamente, maior que a cultivar 14 (Tabela 4). A produção de matéria seca de folhas, caule, ramos e raízes avaliada aos 180 DAT sofreu influência da disponibilidade de água no solo, com reduções dessas características no menor nível U 50% (Tabela 4). Na menor disponibilidade de água no solo com o aumento dos níveis de salinidade, os decréscimos na massa de matéria seca de folhas foram maiores na cultivar 14. Em média, a massa de matéria seca (3,71 g planta⁻¹) entre os níveis 4 e 6 dS m⁻¹ foi 74 % inferior a obtida no menor nível de salinidade. Na cultivar 120, esse decréscimo (91 %) foi maior no nível de salinidade 6 dS m⁻¹, tendo em 2 e 4 dS m⁻¹ decréscimo de 16 %, respectivamente, quando comparado ao tratamento sem salinidade (Figuras 8a e b). As equações de regressão para matéria seca se encontram na Tabela 6.

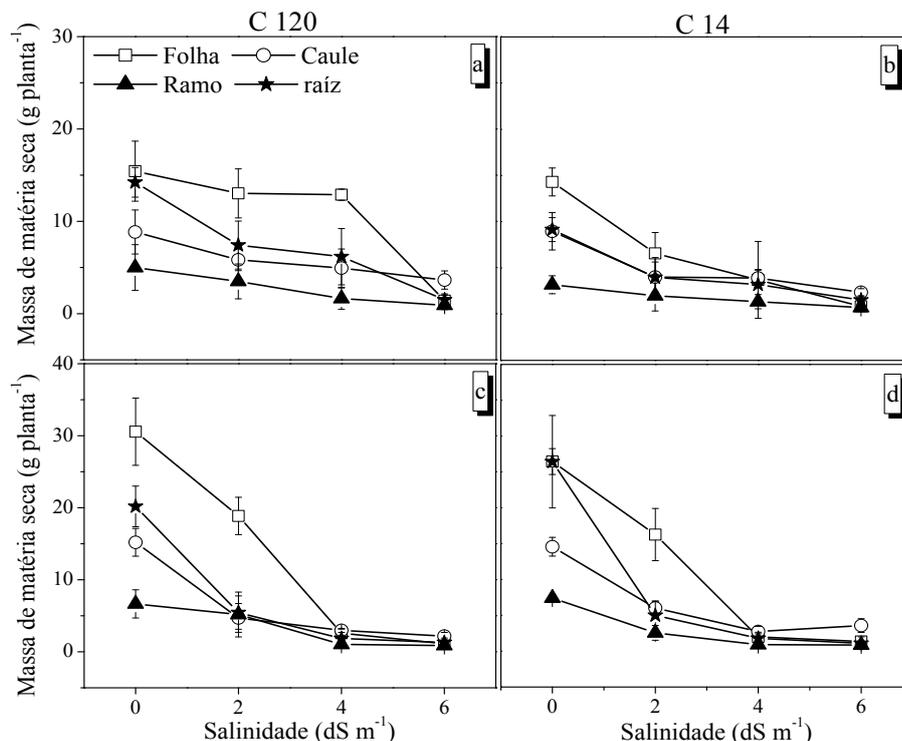
**Figura 8.** Massa de matéria seca de folha, caule, ramo e raiz em função da salinidade e disponibilidade de água no solo (U 50, a; b) e (U 70, c; d) para as cultivares (C 120 e C 14).

Tabela 6. Equações de regressão ajustadas para a massa de matéria seca (MMS) em função da salinidade (S) e disponibilidade de água no solo (U 50 e 70 %) para as cultivares C 120 e C 14.

	Umidade %	MMS	Equação	R ^{2**}
C 120	U 50	Folha	$MMS = 15,43 - 4,03 \times S + 1,98 \times S^2 - 0,28 \times S^3$	1,00
		Caule	$MMS = 8,84 - 2,45 \times S + 0,58 \times S^2 - 0,05 \times S^3$	1,00
		Ramo	$MMS = 4,99 - 0,41 \times S - 0,23 \times S^2 + 0,03 \times S^3$	1,00
		Raiz	$MMS = 14,22 - 6,28 \times S + 1,81 \times S^2 - 0,18 \times S^3$	1,00
	U 70	Folha	$MMS = 30,56 - 1,46 \times S - 3,00 \times S^2 + 0,40 \times S^3$	1,00
		Caule	$MMS = 15,2 - 8,75 \times S + 2,07 \times S^2 - 0,16 \times S^3$	1,00
		Ramo	$MMS = 6,65 + 1,03 \times S - 1,16 \times S^2 + 0,13 \times S^3$	1,00
		Raiz	$MMS = 20,18 - 11,50 \times S + 2,40 \times S^2 - 0,17 \times S^3$	1,00
C 14	U 50	Folha	$MMS = 14,30 - 5,89 \times S + 1,21 \times S^2 - 0,10 \times S^3$	1,00
		Caule	$MMS = 8,96 - 4,73 \times S + 1,39 \times S^2 - 0,13 \times S^3$	1,00
		Ramo	$MMS = 3,18 - 0,82 \times S + 0,13 \times S^2 - 0,01 \times S^3$	1,00
		Raiz	$MMS = 9,14 - 4,55 \times S + 1,20 \times S^2 - 0,11 \times S^3$	1,00
	U 70	Folha	$MMS = 26,45 - 1,11 \times S - 2,72 \times S^2 + 0,37 \times S^3$	1,00
		Caule	$MMS = 14,56 - 5,77 \times S + 0,80 \times S^2 - 0,02 \times S^3$	1,00
		Ramo	$MMS = 7,40 - 3,49 \times S + 0,60 \times S^2 - 0,03 \times S^3$	1,00
		Raiz	$MMS = 26,42 - 17,90 \times S + 4,24 \times S^2 - 0,33 \times S^3$	1,00

**Significativo até 1% de probabilidade.

Em função da interação dos fatores cultivar, salinidade e disponibilidade de água no solo, a massa de matéria seca de folhas aumentou com a maior disponibilidade de água no solo U 70%, principalmente nos menores níveis de salinidade (0 e 2 dS m⁻¹), e decresceu com o aumento da salinidade para os níveis 4 e 6 dS m⁻¹ (Figuras 8c e d). As cultivares 120 e 14 na maior disponibilidade de água atingiram médias de 30,56 e 18,11 g planta⁻¹ e 26,45 e 16,26 g planta⁻¹ nos menores níveis de salinidade 0,0 e 2,0 dS m⁻¹, respectivamente. No nível de 2 dS m⁻¹ as cultivares 120 e 14 tiveram uma redução na massa de matéria seca de folhas de 41% e 38%, respectivamente, quando comparado ao tratamento não salino. Com o aumento da salinidade 6 dS m⁻¹, essa redução foi da ordem de 91% na cultivar 120 e 94% na cultivar 14 em relação ao solo não salino (Figuras 8c; d).

Na variedade Robusta Capixaba, irrigada com água salina, com condutividade elétrica variando de 1,0 a 4 dS m⁻¹, Nazário et al. (2010) observaram redução na massa de matéria seca da parte aérea a partir dos 180 d. Figueirêdo et al. (2006), em mudas de cafeeiro arábica irrigadas com água salina, verificaram redução na massa de matéria seca das folhas.

A massa de matéria seca do caule, em ambas as cultivares, foi maior no maior teor de umidade e na menor salinidade (Figuras 8c e d). Com aumento da

salinidade, os valores de massa de matéria seca de caule foram menores nos dois níveis de água no solo (Figuras 8a, b, c e d). Na cultivar 120, com a menor disponibilidade de água no solo, o decréscimo foi de 34% e 58% no solo com salinidade de 4 e 6 dS m⁻¹, respectivamente, em relação ao solo não salino. Na cultivar 14, esse decréscimo foi de 55% e 73% nessas mesmas salinidades (Figuras 8a e b). No maior teor de água no solo e na salinidade de 2 dS m⁻¹, os valores de massa de matéria seca do caule, nas cultivares 120 e 14, decresceram 68% e 59%, respectivamente, quando relacionado à ausência de salinidade (Figuras 8c e d).

Para os ramos, a massa de matéria seca tendeu a decrescer nas duas cultivares com o aumento dos níveis de salinidade e nos dois teores de água no solo (Figuras 8a, b, c e d). Comparando-se o valor médio obtido nas maiores salinidades (4 e 6 dS m⁻¹) com o menor nível de salinidade dentro da maior disponibilidade de água no solo, verificou-se redução de 86% na cultivar 120 (Figura 8c). Já na cultivar 14, na salinidade de 2 dS m⁻¹, ocorreu redução de 65%, não sendo verificado no menor teor de água reduções relevantes com o aumento da salinidade, em ambas cultivares (Figuras 8a e b).

Em ambas as cultivares, a massa de matéria seca das raízes diminuiu com o aumento da salinidade nos dois teores de água no solo (Figuras 8a, b, c e

d). Entre os níveis de salinidade e dentro do menor teor de água no solo, a massa de matéria seca das raízes foi maior na cultivar 120, com valores médios nos níveis 2 e 4 dS m⁻¹ e 6 dS m⁻¹ de 52 % e 82 %, respectivamente, menores que no menor nível de salinidade (Figura 8a e b). Nos tratamentos com maior teor de água no solo, tanto a cultivar 120 quanto a 14 sofreram alterações consideráveis com o aumento dos níveis de salinidade, com média de massa de matéria seca das raízes entre os níveis crescentes de salinidade (2, 4 e 6 dS m⁻¹) de 86 % e 90 % inferior ao nível sem adição de sais, nas cultivares 120 e 14, respectivamente (Figuras 8c e d).

Em média, a massa de matéria seca das raízes, com o aumento de salinidade, foram 2,8 e 2,6 g planta⁻¹ no nível de água no solo de 70% e 5,0 e 2,9 no nível de água no solo 50 % nas cultivares 120 e 14, respectivamente.

De modo geral, as menores reduções na produção de massa de matéria seca foram observadas para folhas e raiz da cultivar 120 com o aumento da salinidade, principalmente no menor nível de água no solo. Isto permite inferir que nessa cultivar ocorreu melhor ajustamento osmótico, limitando os efeitos dos íons absorvidos e transportados, permitindo maior crescimento dessa cultivar nas condições impostas. Esse comportamento se constitui em estratégias pelas quais as plantas se utilizam para se desenvolver adequadamente em ambientes com restrição hídrica (DAMATTA et al., 2008), e que, por sua vez, pode utilizar para situações de estresse salino.

CONCLUSÕES

As cultivares de cafeeiro tiveram seu crescimento afetado pela salinidade do solo com o aumento do tempo de exposição ao estresse, porém com menor intensidade nos solos submetidos ao maior teor de umidade.

A área foliar, o número de ramos plagiotrópicos e massa seca de folha e raiz são parâmetros que identificaram diferença entre cultivares de Conilon em resposta ao estresse salino-hídrico.

A cultivar 14 foi mais sensível à salinidade (2 dS m⁻¹) do que a cultivar 120 (até 4 dS m⁻¹).

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) pela concessão das mudas das cultivares de Conilon.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. M. Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies

florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.

ARAÚJO, G. L. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de Conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas de café (Coffea arábica L. cv "Bourbon Amarelo"). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

CUNHA, A. P.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DaMATTA, F. M.; et al. Desenvolvimento de variedades visando à tolerância à seca em Coffea canephora: um enfoque fisiológico. In: Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura, 1., 2008, Alegre, ES. **Anais...** Alegre: UFES, 2008. p. 125-136.

DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS E. F.; PASSOS, R. R. Influencia da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro Conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FARIA, F. H. S. et al. Efeito de parcelamento da fertirrigação com N e K e salinidade do solo no crescimento inicial de cultivares de cafeeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 145-157, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA M. A. de; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50-57, 2006.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 564-570, 2007.

KARASAWA, S. et al. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arábica* L.) irrigados com água salina. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 14, n. único, p. 1-12, 2003.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. Efeito da salinidade em características biométricas e na nutrição de *Pinus taeda* em neossolo litólico húmico. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n.61, p. 51-59, 2010.

MARSETTI, M. M. S. et al. Déficit hídrico e fatores climáticos na uniformidade da florada do cafeeiro Conilon irrigado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v. 7, n. 6, p. 371 - 380, 2013.

NAZÁRIO, A. A. et al. Crescimento do cafeeiro conilon irrigado com água salina. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 5, p. 178-195, 2010.

NEUMANN, P. M. et al. Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility. **Plant Physiology**, Rockville, v. 88, p. 233-237, 1988.

RAIJ, B. VAN.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p. 240-261.

RAIJ, B. VAN.; et al. **Recomendações para 62 adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p.97-101 (Boletim Técnico, n. 100).

REZENDE, R. et al. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 447-458, 2010.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y realitaci3n de suelos salinos y s3dicos**. 6. ed. México: Limusa, 1980. 160 p.

SILVA, V. A. et al. Resposta fisiológica de clone de café conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 457-464, 2010.

SOUTO, A. G. L. et al. Comportamento do Noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 442-453, 2013.

SOUZA et al. influência da matéria orgânica e do

ambiente no crescimento e acúmulo de solutos em *Morinda citrifolia* submetida à salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 704- 712, 2014.

STATSOFT INCORPORATION. **Statistica (data analysis software system)**. São Caetano do Sul: Editora, 2007. (Version 8.0).