

CRESCIMENTO DO GIRASSOL EM SISTEMA SEMI-HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO E DENSIDADES DE PLANTIO¹

**JOSÉ AMILTON SANTOS JÚNIOR²; HANS RAJ GHEYI³;
NILDO DA SILVA DIAS⁴ E DOROTEU HONÓRIO GUEDES FILHO⁵.**

¹Artigo extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à UFCG. ²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. jose.amilton@pq.cnpq.br; ³Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. hans@pq.cnpq.br; ⁴Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN. nildo@pq.cnpq.br; ⁵Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, PB. doroteufilho@hotmail.com

1 RESUMO

A análise do comportamento de crescimento das plantas em diferentes estádios de desenvolvimento permite a racionalização temporal do manejo das culturas em função do grau de tolerância ao estresse salino nas diferentes etapas do ciclo. Com o presente trabalho, buscou-se estudar o crescimento do girassol (*Helianthus annuus* L.) cv. EMBRAPA 122-V2000, cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio. Testaram-se cinco níveis de salinidade da solução nutritiva (1,7 – testemunha; 4,3; 6,0; 9,0 e 11,5 dS m⁻¹) e duas densidades de plantio (uma ou duas plantas por vaso) em delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 5 x 2 com três repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Verificou-se que a densidade de plantio não reduziu os índices de crescimento do girassol, no entanto, todas as variáveis estudadas foram influenciadas negativamente pelo estresse salino, sobretudo nas plantas sob condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 6 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., hidroponia, salinidade.

**SANTOS JÚNIOR, J. A.²; GHEYI, H. R.³; DIAS, N. da S.⁴; GUEDES FILHO, D. H.⁵
GROWTH OF SUNFLOWER IN A SEMI-HYDROPONIC SYSTEM UNDER SALT
STRESS AND DIFFERENT PLANT DENSITIES**

2 ABSTRACT

The analysis of plant growth behavior at different stages of development allows temporal rationalization of crop management according to the level of tolerance to salt stress in different cycle stages. This research aimed at studying the growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cv. EMPBRAPA 122-V2000 grown in a semi-hydroponic system under salt stress and different planting densities. Five salinity levels of nutrient solution (1.7 – control; 4.3; 6.0; 9.0 and 11.5 dS m⁻¹) and two planting densities (one or two plants per plot) were studied. A factorial (5 x 2) and completely randomized design was used with three replicates amounting to 30 experimental units. The results showed that planting density had no effect on growth indices of sunflower, however, all study variables were negatively affected by salt stress, mainly as of 6 dS m⁻¹ electrical conductivity of the nutrient solution.

Keywords: *Helianthus annuus* L., hydroponics, salinity

3 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura que apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, tendo seu rendimento pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (MORGADO; CARVALHO, 2002). Trata-se de uma espécie oleaginosa de grande importância mundial, sendo explorada em áreas onde a escassez hídrica e os problemas de salinidade ocorrem com frequência. Com base em indicadores de estresse hídrico é considerada uma espécie de tolerância moderada à seca e à salinidade (CATERINA et al., 2007).

A resposta das plantas sob diferentes condições de salinidade é um fenômeno extremamente complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos (GARCIA et al., 2010). Correia et al. (2009) entendem que os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito da salinidade, de modo que a taxa de crescimento e a capacidade fotossintética são bons parâmetros para a avaliação dos efeitos da salinidade, tal como a capacidade da planta para tolerar esse estresse.

Em condições de cultivo em solo, o crescimento do girassol sob estresse salino já foi avaliado (NOBRE et al., 2010), inclusive Travassos et al. (2012), estudando o crescimento de diferentes cultivares de girassol (Helio 863, EMBRAPA 122-V2000, Catissol 01 e Multissol) sob estresse salino, acrescentam que não há diferença no que se refere aos parâmetros de tolerância à salinidade entre as cultivares de girassol estudadas. Entretanto, em condições de cultivo semi-hidropônico ocorrem alterações físicas nos níveis de energia que afetam a absorção de solução pelas plantas, isso porque dada a ausência de solo, o potencial matricial tende a ser zero, tornando a influência osmótica decisiva sobre o potencial total. Isso sinaliza a necessidade da investigação dos níveis salinos tolerados pelo girassol nestas condições de cultivo, bem como o desenvolvimento de estratégias de manejo que reduzam ao máximo os efeitos danosos da salinidade nos diferentes estádios de crescimento do girassol.

Estudos realizados sobre a tolerância de várias espécies à salinidade em sistema semi-hidropônico têm demonstrado que, mediante manejo adequado do sistema, pode-se produzir comercialmente com água salina (SAVVAS et al., 2007; AL-KARAKI; AL-AJMI; OTHMAN, 2009). Este aspecto amplia as possibilidades de aproveitamento de águas salobras em regiões como o semiárido brasileiro que, conforme Neves et al. (2009), é uma região onde presença de fontes de água com alta concentração de sais é comum, sobretudo sais de sódio, proporcionando efeitos negativos sobre solos e cultivos.

Dentre as estratégias de manejo visando o melhor aproveitamento de águas salinas citam-se o uso de plantas tolerantes à salinidade e sodicidade, a mistura de água, o aumento da frequência de irrigação, o uso da fração de lixiviação e a escolha de um sistema de irrigação adequado à situação de cultivo (COSTA et al., 2013; DIAS et al., 2011). Com relação ao uso da densidade de plantio como estratégia de manejo, Santos Júnior et al. (2011) estudando a produção de fitomassa de girassol e Alves et al. (2011) estudando a produção de fitomassa na alface, ambos em sistema hidropônico, verificaram que é recomendável utilizar a densidade como estratégia de manejo quando se utiliza solução salina, visando compensar a perda de massa por área. No entanto, ainda são escassas na literatura informações que relacionem os efeitos da densidade de plantio ao crescimento de plantas sob estresse salino e seus índices de tolerância.

Com base nestas informações, objetivou-se com o presente trabalho estudar o crescimento do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2009, em casa de vegetação, situada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande, PB (7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste, altitude média de 550 m).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 5 x 2 com três repetições, totalizando 30 unidades experimentais, de modo que foram estudados cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE_{sn} , (1,7 - testemunha; 4,3; 6,0; 9,0 e 11,5 $dS m^{-1}$) e duas densidades de plantio: uma (D_1) e duas plantas (D_2) por vaso.

Cada parcela experimental foi composta por um vaso com capacidade volumétrica de 6 L, o qual foi preenchido com 0,5 kg de brita na parte inferior, uma tela de nylon como envelope separando a brita e o substrato e, por fim, 1,2 kg de substrato (fibra de coco). Os vasos foram preparados com quatro furos na base e depositados em uma bacia na qual se adaptou uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa PET de 2 L para coleta da solução drenada. Dado ao contato direto na interface entre o vaso e a bacia, o escoamento da solução deu-se através dos microespaços existentes, favorecendo a permanência de solução por mais tempo dentro do vaso e oferecendo um maior tempo de absorção para a planta a cada aplicação de solução, até a conclusão do processo de drenagem. Isto evitava que, sob a ação da gravidade, a solução escoasse rapidamente por caminhos preferenciais, sem umedecer todo substrato, comprometendo a necessidade hídrica e nutricional das plantas.

A solução nutritiva usada foi proposta por Furlani et al. (1999), cuja composição química está descrita na Tabela 1, com condutividade elétrica da solução original de 3,4 $dS m^{-1}$. Esta solução foi diluída equitativamente em água de abastecimento (Tabela 2), obtendo-se uma CE_{sn} de 1,7 $dS m^{-1}$ (testemunha). Para obtenção dos tratamentos salinos adicionaram-se quantidades crescentes de NaCl na solução diluída de acordo com a seguinte equação (RICHARDS, 1954):

$$mg L^{-1} (NaCl) = 640 \cdot (CE \text{ desejada} - CE \text{ atual})$$

Assim obtiveram-se cinco níveis de CE_{sn} , quais sejam: 1,7 (testemunha); 4,3; 6,0; 9,0 e 11,5 $dS m^{-1}$.

Tabela 1. Composição da solução nutritiva utilizada.

Fertilizante	Quantidade (g m ⁻³)
Nitrato de cálcio Hydro especial (Ca(NO ₃) ₂)	750,0
Nitrato de potássio (KNO ₃)	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio (MgSO ₄)	400,0
Sulfato de cobre (CuSO ₄)	0,15
Sulfato de zinco (ZnSO ₄)	50,0
Sulfato de manganês (MnSO ₄)	1,50
Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	1,50
Molibdato de sódio (Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O)	0,15
Molibdato de amônio (NH ₄) ₂ MoO ₄	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe)	30,0

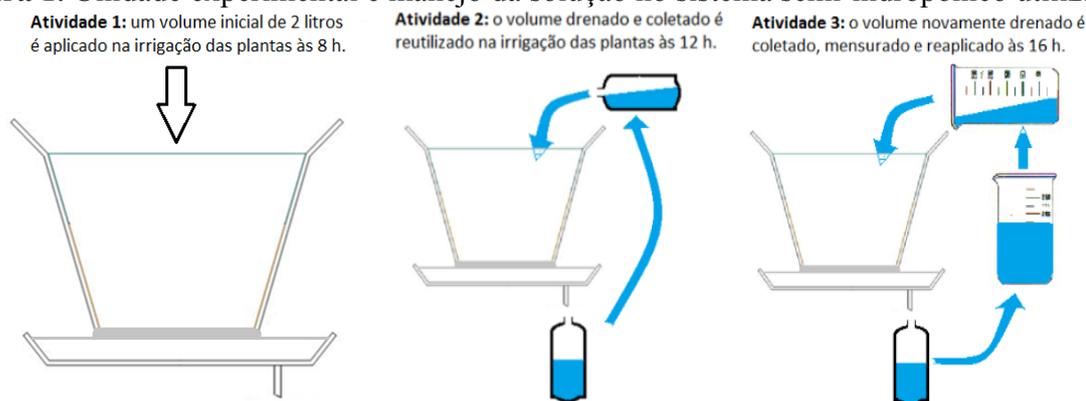
Fonte: Furlani et al. (1999)

Tabela 2. Características da água de abastecimento utilizada no preparo da solução nutritiva

pH	CE _a	K	Na	Ca	Mg	RAS
	dS m ⁻¹	mg L ⁻¹				(mmol L ⁻¹) ^{0,5}
7,5	0,38	5,47	35,65	20,00	15,8	1,45

CE_a: Condutividade elétrica da água; RAS: relação de adsorção de sódio

No manejo da solução nutritiva foi aplicado um volume inicial de 2 L por vaso com recirculação diária do percolado às 8, 12 e 16 horas, ou seja, às 8 e 12 horas o volume de solução drenado era apenas reaplicado; às 16 horas o lixiviado era coletado, mensurado e reaplicado aos vasos. Quando o volume drenado atingia o limite de 200 mL, a solução era renovada, descartando-se os 200 mL anteriores (Figura 1).

Figura 1. Unidade experimental e manejo da solução no sistema semi-hidropônico utilizado

Semearam-se nove aquênios diretamente no substrato e foram obtidos 100% de germinação. Então, realizou-se dois desbastes, aos 7 e aos 14 dias após a semeadura (DAS), estabelecendo-se a densidade de uma ou duas plantas por vaso para cada nível salino. A partir do 15º DAS, em intervalos de 10 dias, foram mensuradas as variáveis: comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF).

O CC foi determinado medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção da folha mais nova com auxílio de uma régua graduada; já o DC foi medido a três centímetros do

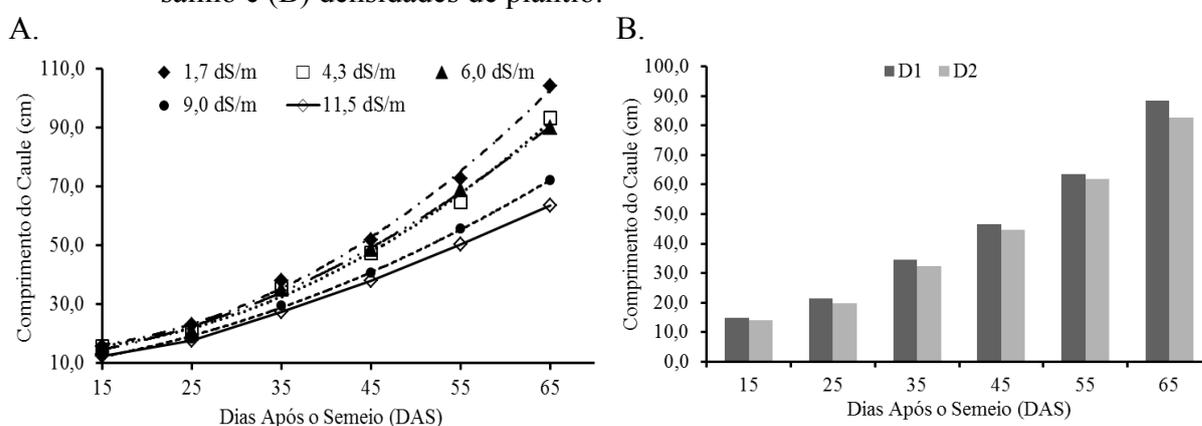
solo utilizando-se um paquímetro digital. Na contagem do NF foram consideradas as folhas maiores que três centímetros, que estavam saudáveis e com coloração verde (fotossinteticamente ativas). O cálculo da área foliar se baseou no modelo $AF = 0,1328 C^{2,5569}$, com R^2 de 0,87, em que C é o comprimento da nervura central das folhas, proposto por Maldaner et al. (2009).

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se por meio de análise de regressão os níveis de salinidade da solução nutritiva (fator quantitativo) e por meio de teste de médias (Tukey) as densidades de cultivo (fator qualitativo) ao nível de 0,05 de probabilidade. Realizaram-se todas as análises com auxílio de um programa estatístico (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento temporal de crescimento do comprimento do caule (CC) do girassol em função da CE_{sn} e da densidade de plantio está evidenciado nas Figuras 2A e 2B, respectivamente. Observou-se que, ao longo do tempo, as plantas sob CE_{sn} de 1,7 dS m⁻¹ apresentaram sempre maior CC em relação aos outros níveis de salinidade testados. As plantas sob CE_{sn} de 4,3 e 6 dS m⁻¹ produziram CC semelhantes, enquanto que nas plantas sob 9 e 11,5 dS m⁻¹ pôde-se verificar os menores índices de crescimento do CC ao longo do ciclo. Quanto à densidade de plantio, observaram-se maiores índices de crescimento de CC na situação de cultivo de uma planta por vaso em relação à densidade de duas plantas por vaso, em todas as épocas de cultivo.

Figura 2. Comportamento temporal do crescimento do comprimento do caule do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico (A) sob estresse salino e (B) densidades de plantio.



O CC do girassol foi afetado significativamente ($p > 0,01$) pela CE_{sn} , sendo observado comportamento linear decrescente em todas as épocas de avaliação; já o fator densidade de plantio e a interação entre os fatores não influenciaram o comportamento desta variável em nenhuma época de avaliação (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para diferentes datas de avaliação do comprimento do caule do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico, sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.

CAUSA DE VARIACÃO	GL	Quadrado Médio					
		15 DAS	25 DAS	35 DAS	45 DAS	55 DAS	65 DAS
Salinidade (S)	4	25,49*	44,35*	168,89*	298,35*	779,23*	2462,36**
Reg. Linear	1	84,77**	171,17**	652,48**	1108,56**	2781,65**	9715,23**
Densidade (D)	1	6,08 ^{ns}	27,88 ^{ns}	50,47 ^{ns}	38,35 ^{ns}	20,58 ^{ns}	323,00 ^{ns}
Interação S x D	4	2,34 ^{ns}	2,94 ^{ns}	38,81 ^{ns}	117,24 ^{ns}	141,10 ^{ns}	161,75 ^{ns}
Resíduo	18	5,02	7,03	22,60	63,67	115,17	80,85
CV	(%)	15,67	13,15	14,39	17,60	17,18	10,63

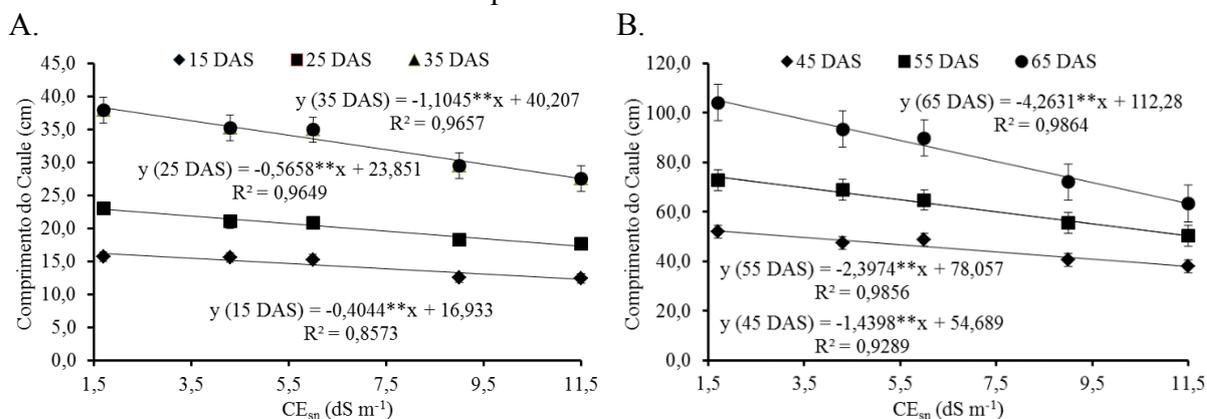
*,** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Aos 15 dias após o semeio (DAS) observou-se uma redução no CC de 2,44% por incremento unitário da CE_{sn} e nas plantas sob o nível de 6 dS m^{-1} de CE_{sn} apresentaram decréscimo estimado no CC de até 10,7%. Especificamente nas plantas sob níveis de CE_{sn} superiores 6 dS m^{-1} , a redução no porte em relação à testemunha dobrou, atingindo 24,4%. Em relação à data de avaliação anterior, notou-se que aos 25 DAS não houve variação no porte em função do acréscimo da CE_{sn} , nem diferença significativa entre o CC das plantas submetidas a 1,7 e 11,5 dS m^{-1} de CE_{sn} , entretanto, variações significativas foram verificadas em relação às épocas de avaliação seguintes.

Aos 35 DAS verificou-se uma variação de 2,8% no CC das plantas por aumento unitário da CE_{sn} , sendo que a redução no tamanho desta variável aumentou 13,4% em relação aos 25 DAS. Outro aspecto a ser mencionado, ainda sobre a análise do CC aos 35 DAS, refere-se ao percentual de redução do tamanho desta variável nas plantas sob CE_{sn} a partir do nível de 6 dS m^{-1} de CE_{sn} (12,4%). A partir deste nível, o decréscimo observado no comprimento do caule é acentuado, chegando a 28,2% nas plantas sob 11,5 dS m^{-1} de CE_{sn} . Ambos os resultados foram calculados em relação à testemunha (Figura 3A). De acordo com Leonardo et al. (2007), em pesquisa sob condições salinas ocorre a redução da disponibilidade de água às plantas dado a redução do potencial total da água (com maior contribuição do potencial osmótico no caso específico do cultivo semi-hidropônico), de modo que a salinidade provoca um maior gasto de energia para a absorção da mesma.

Aos 45 DAS às plantas sob 1,7 dS m^{-1} de CE_{sn} produziram um CC de 52,2 cm e nas plantas sob 11,5 dS m^{-1} estimou-se, com base na equação de regressão (Figura 3B), um CC de 38,1 cm, ou seja, embora seja estimada uma redução total de 26,9% e de 2,7% por incremento unitário da CE_{sn} , o CC das plantas, caso sejam aproveitadas para fins ornamentais, ainda encontram-se dentro do tamanho-padrão para a comercialização de flores proposto por Instituto Brasileiro de Floricultura (2012).

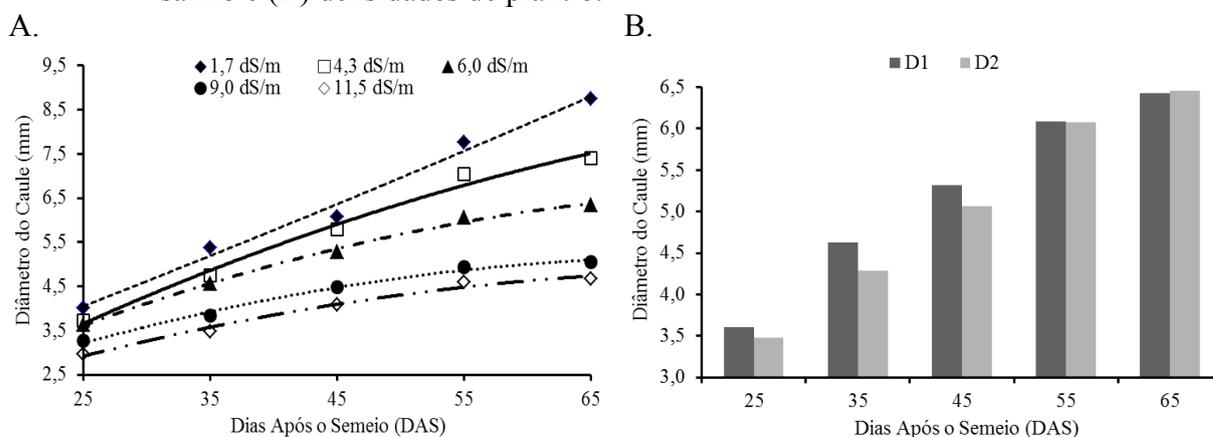
Figura 3. Comprimento do caule do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 15, 25, 35 (A) e 45, 55, 65 DAS (B), cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.



Aos 55 DAS a redução do CC por incremento unitário foi de 3,16% sendo observada uma variação entre as plantas sob 1,7 e 11,5 dS m⁻¹ de CE_{sn} de até 31,75%. Aos 65 DAS esta diferença foi estimada em 39,77%, com decréscimo por incremento unitário da CE_{sn} de 3,94%. Infere-se a partir dos resultados, que a sensibilidade do CC à salinidade é intensificada após os 25 DAS, ou seja, os efeitos da salinidade se tornaram mais perceptíveis no período dos 35 aos 65 DAS, provavelmente em função do acúmulo de sais ao longo do ciclo.

A evolução do crescimento do diâmetro do caule (DC) do girassol em função da CE_{sn} e da densidade de plantio está explicitada na Figura 4A e 4B, respectivamente. Analogamente ao CC, os efeitos da salinidade sobre o DC intensificaram-se ao longo do tempo, não sendo percebidas variações semelhantes entre os diferentes níveis testados, os quais foram caracterizados por comportamentos bem definidos e que reduziram à medida que o nível de salinidade foi incrementado ao longo do tempo. Em relação ao fator densidade, até os 45 DAS observou-se predominância no crescimento do DC com uma planta por vaso. Após esta data os resultados se equipararam entre as densidades testadas.

Figura 4. Comportamento temporal do crescimento do diâmetro do caule do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico (A) sob estresse salino e (B) densidades de plantio.



Em relação aos tratamentos testados, observou-se que o DC das plantas de girassol foi afetado significativamente ($p > 0,01$) pela CE_{sn} em todas as datas de avaliação e seu comportamento pode ser descrito por equação de regressão linear decrescente. A densidade de plantio influenciou o comportamento do DC aos 35 DAS e não foi observada interferência significativa, em qualquer época de cultivo estudada, da interação entre os fatores sobre esta variável (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para diferentes datas de avaliação do diâmetro de caule do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.

CAUSA DE VARIACÃO	GL	Quadrado Médio				
		25 DAS	35 DAS	45 DAS	55 DAS	65 DAS
Salinidade (S)	4	1,50**	5,13**	6,42**	16,38**	25,36**
Reg. Linear	1	5,97**	20,34**	25,22**	63,60**	97,85**
Densidade (D)	1	0,14 ^{ns}	1,10**	0,63 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Interação S x D	4	0,08 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,58 ^{ns}	2,19 ^{ns}	3,00 ^{ns}
Resíduo	18	0,11	0,25	0,49	1,20	1,73
CV	(%)	9,65	11,54	13,72	18,04	20,44

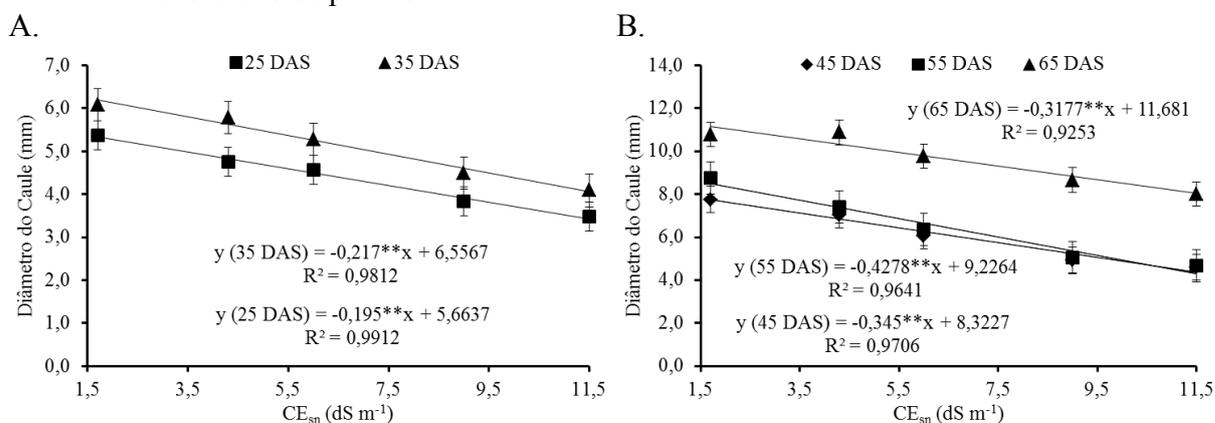
*,** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Aos 25 DAS observou-se um decréscimo à taxa de 3,56% por incremento unitário da CE_{sn} e uma variação de 35,8% no DC das plantas sob CE_{sn} entre os níveis 1,7 e 11,5 $dS\ m^{-1}$ (Figura 5A). De acordo com Ayers e Westcot (1999), essa redução no crescimento ocorre em função da redução do potencial osmótico ocasionado pelos íons, que atuam de forma negativa sobre os processos fisiológicos, reduzindo a absorção de água pelas raízes e inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular, advindo, como consequência, a redução no crescimento das plantas.

Aos 35 DAS o decréscimo do DC por incremento unitário da salinidade (3,42%), assim como a variação entre as plantas sob 11,5 $dS\ m^{-1}$ e o nível de salinidade testemunha (34,36%) pouco variou em relação aos 25 DAS (Figura 5A). Com relação ao fator densidade de plantio aos 35 DAS, quando cultivadas em duas plantas por vaso, observou-se DC médio de 4,29 mm e quando se utilizou uma planta por vaso o DC médio foi de 4,62 mm.

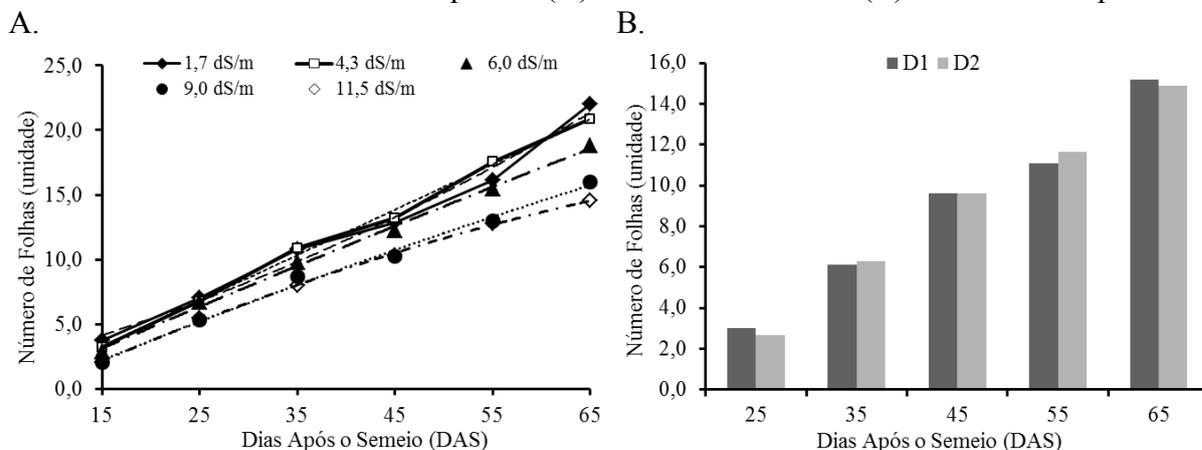
Aos 45 DAS o DC das plantas sob 11,5 $dS\ m^{-1}$ foi 1,77 vezes menor que o das plantas sob 1,7 $dS\ m^{-1}$ e, neste intervalo de níveis salinos, o decréscimo por incremento unitário foi de 4,32%. Aos 55 DAS o decréscimo do DC por incremento unitário da CE_{sn} ocorreu à taxa de 4,86% e aos 65 DAS a 2,79% (Figura 5B). Mesmo sob condições salinas e com o avanço do ciclo da cultura, observou-se que a redução máxima no DC por incremento unitário da CE_{sn} foi inferior a 5%. Estes índices de redução no crescimento são inferiores aos observados por Travassos et al. (2012) que, estudando o crescimento do girassol sob estresse salino (CEa de 0,6 a 5,4 $dS\ m^{-1}$) utilizando solo como substrato, observaram aos 20, 30 e 50 dias após o plantio (DAP) um decréscimo no DC por incremento unitário da salinidade de 5,71, 9,91 e 9,99%, respectivamente.

Figura 5. Diâmetro do caule do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 25, 35, 45, 55 e 65 DAS, cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.



A variação no crescimento do NF do girassol em função do tempo está demonstrada na Figura 6A em relação à CE_{sn} e na Figura 6B em relação a densidade de plantio. Observou-se, em todas as épocas de cultivo, comportamento semelhante no NF das plantas sob 1,7; 4,3 e 6 dS m⁻¹ de CE_{sn}; já as plantas sob 9 e 11,5 dS m⁻¹ de CE_{sn}, apresentaram menor NF em relação aos outros níveis testados. Quanto ao fator densidade, notaram-se variações mínimas no NF aos 25, 55 e 65 DAS, sendo que nas outras datas observaram-se resultados semelhantes.

Figura 6. Comportamento temporal do crescimento do número de folhas do girassol cultivado em sistema semi-hidropônico (A) sob estresse salino e (B) densidades de plantio.



Na análise do comportamento do NF das plantas de girassol, observou-se efeito significativo ($p > 0,01$) da salinidade da solução nutritiva em todas as épocas de avaliação, no entanto, não se verificou significância para o fator densidade de plantio e para a interação entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da ANOVA para diferentes datas de avaliação do número de folhas do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.

CAUSA DE VARIÇÃO	GL	Quadrado Médio					
		15 DAS	25 DAS	35 DAS	45 DAS	55 DAS	65 DAS
Salinidade (S)	4	5,44*	5,63*	14,64**	18,05**	38,02**	89,61**
Reg. Linear	1	20,63*	19,31**	54,20**	59,68**	112,86**	351,63**
Densidade (D)	1	1,11 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,87 ^{ns}	1,11 ^{ns}	15,21 ^{ns}
Interação S x D	4	0,22 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,87 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,11 ^{ns}	2,40 ^{ns}
Resíduo	18	0,62	1,26	2,07	3,39	6,89	5,53
CV	(%)	28,54	17,99	14,96	15,64	17,53	12,76

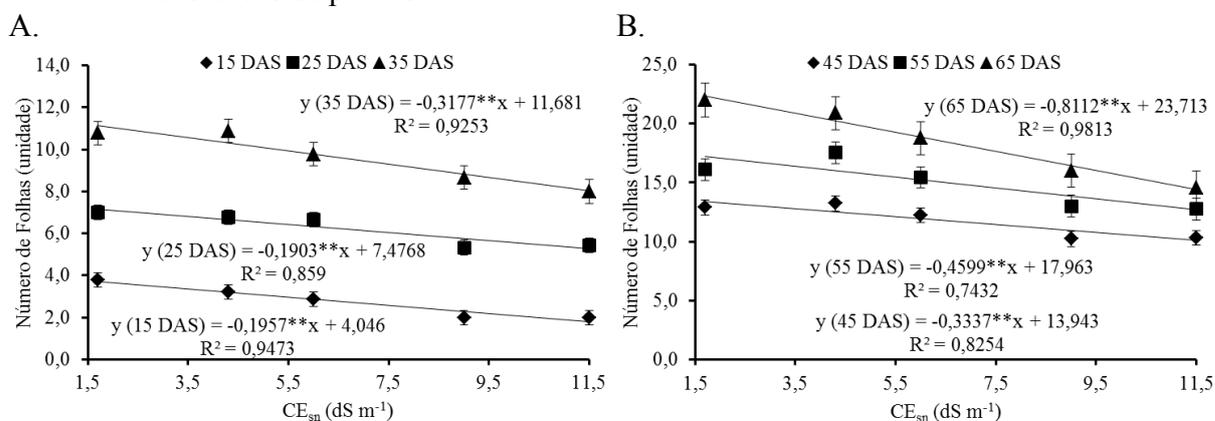
*,** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Aos 15 DAS observou-se um decréscimo do NF à taxa de 5,08% por incremento unitário do nível de salinidade da solução nutritiva, sendo que as plantas sob 1,7 dS m⁻¹ de CE_{sn} produziram NF 2,06 vezes maior que o observado nas plantas sob 11,5 dS m⁻¹. Vale ressaltar que 2/3 das perdas totais acumuladas no NF (estimada na diferença 1,7 e 11,5 dS m⁻¹) tiveram participação decisiva de plantas sob CE_{sn} superior a 6 dS m⁻¹.

Aos 25 DAS à taxa de decréscimo no NF por incremento unitário da CE_{sn} foi de 2,6% e a variação entre o NF das plantas sob 1,7 e 11,5 dS m⁻¹ foi de 26,07%. Aos 35 DAS o NF reduziu à taxa de 2,8% por cada dS m⁻¹ incrementado, sendo estimada uma redução total (entre 1,7 e 11,5 dS m⁻¹) de 27,9% (Figura 7A). Esses resultados concordam com os observados por Travassos et al. (2012), que estudando o crescimento inicial de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000 sob CE da água de irrigação variando de 0,6 a 5,4 dS m⁻¹, constataram aos 28 DAS, decréscimo linear do NF com o aumento da salinidade da água.

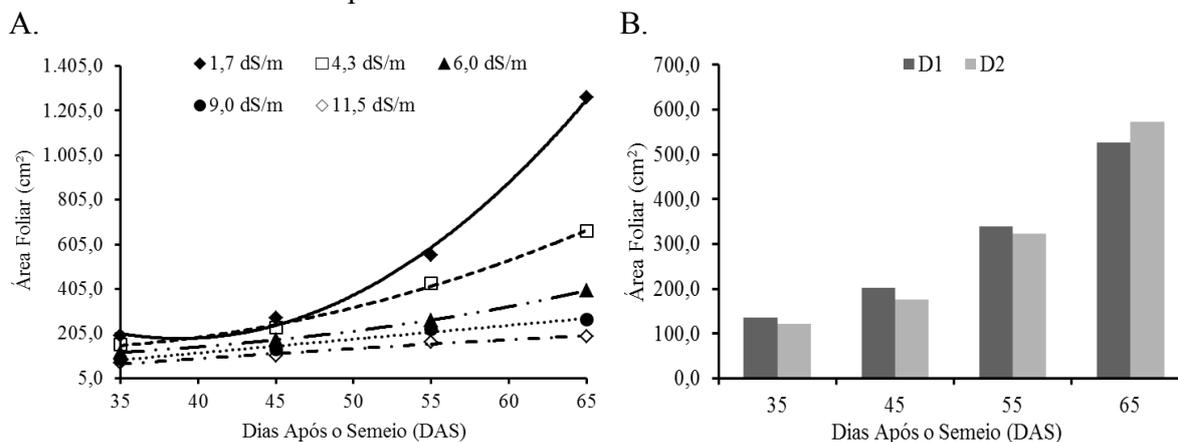
Aos 45 DAS às plantas sob 1,7 dS m⁻¹ produziram 1,32 vez mais folhas que as plantas sob 11,5 dS m⁻¹. Neste intervalo de CE_{sn}, o decréscimo no NF ocorreu à taxa de 2,45% por incremento unitário da salinidade da solução nutritiva. Aos 55 DAS o decréscimo por incremento unitário foi de 2,62% e a variação (entre 1,7 e 11,5 dS m⁻¹) de 26,2% (Figura 7B). Travassos et al. (2012) estudando o crescimento do girassol sob estresse salino (0,6 a 5,4 dS m⁻¹) observou aos 50 DAP, um decréscimo de 7,81% por incremento unitário da condutividade elétrica, ou seja, em condições de solo, a tolerância do girassol à salinidade especificamente em relação ao NF, é cerca de três vezes menor em relação ao cultivo em condições de semi-hidroponia observados no presente trabalho. Aos 65 DAS à diferença estimada no NF das plantas sob 1,7 e 11,5 dS m⁻¹ foi de 35,6%, com um decréscimo por incremento unitário da CE_{sn} à taxa de 3,54% (Figura 7B). Esses resultados discordam dos observados por Nobre et al. (2010) que, estudando o crescimento do girassol sob estresse salino (0,5 e 4,9 dS m⁻¹) não observaram efeito significativo no NF do girassol (EMBRAPA 122-V2000) aos 26 e aos 50 DAS.

Figura 7. Número de folhas do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 15, 25, 35, 45, 55 e 65 DAS, cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.



A variação temporal no crescimento da AF do girassol, em função da CE_{sn} e da densidade de plantio, estão explicitadas na Figura 8A e 8B. O decréscimo estimado para plantas sob CE_{sn} superior a 6 dS m⁻¹ é acentuado e se sucede em intensidade à medida que a CE_{sn} é incrementada e o ciclo da cultura avança. Notou-se que a AF das plantas sob 1,7 dS m⁻¹, ao longo do tempo, apresentou maior índice de crescimento em relação aos outros níveis salinos testados. Embora em menor intensidade, as plantas sob 4,3 dS m⁻¹ também acompanharam este comportamento. A partir de 6 dS m⁻¹, nota-se que o decréscimo é incrementado e se sucede em intensidade à medida que a CE_{sn} é incrementada e o ciclo da cultura avança.

Figura 8. Comportamento temporal do crescimento da área foliar do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico (A) sob estresse salino e (B) densidades de plantio.



A AF das plantas de girassol foi afetada significativamente ($p > 0,01$) pela CE_{sn} em todas as épocas de avaliação sendo observado comportamento linear decrescente. No entanto, a densidade de plantio e a interação entre os fatores não influenciaram o crescimento da AF das plantas de girassol (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da ANOVA para diferentes datas de avaliação da área foliar do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de cultivo.

CAUSA DE VARIÇÃO	GL	Quadrado Médio			
		35 DAS	45 DAS	55 DAS	65 DAS
Salinidade (S)	4	42,59**	57,33**	169,61**	641,81**
Reg. Linear	1	168,33**	225,16**	635,05**	2334,69**
Reg. Quadrática	1	-	-	-	221,06**
Densidade (D)	1	3,32 ^{ns}	9,70 ^{ns}	5,42 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Interação S x D	4	3,18 ^{ns}	4,46 ^{ns}	9,84 ^{ns}	38,62 ^{ns}
Resíduo	18	2,17	3,76	7,30	20,02
CV	(%)	13,37	14,57	15,40	20,39

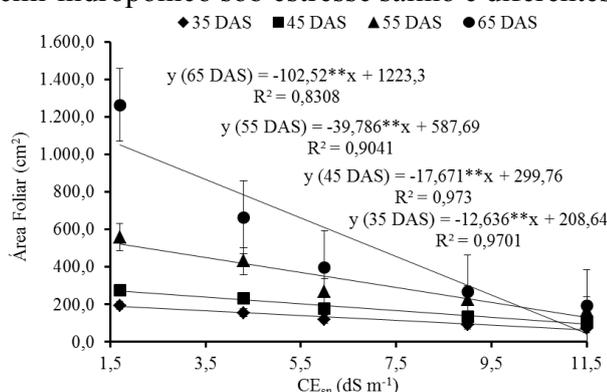
*, ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Aos 35 DAS às plantas sob CE_{sn} de 11,5 dS m⁻¹ produziram uma área foliar 2,95 vezes menor em relação à testemunha. No entanto, em trabalhos realizados com diferentes oleaginosas submetidas a estresse salino, como o girassol cv. EMBRAPA 122-V2000 (NOBRE et al., 2010), o pinhão manso (NERY et al., 2009) e a mamoneira (CAVALCANTI et al., 2005), não foi observada influência significativa da CE da água de irrigação na fase inicial de crescimento até os 30 DAS, denotando ser a cultura mais tolerante aos efeitos salinos nesse estágio de desenvolvimento.

Aos 45 DAS à AF das plantas de girassol decresceu à taxa de 6,26% por incremento unitário da CE_{sn} , sendo observada uma variação de 64% entre a AF das plantas sob 1,7 e 11,5 dS m⁻¹. Aos 55 DAS o decréscimo por incremento unitário da CE_{sn} foi de 7,26%. De acordo com Nobre et al. (2010) a redução da AF é um dos mecanismos que a planta usa sob estresse salino para manter o equilíbrio entre a absorção e transpiração, fato esse que pode aumentar a eficiência no uso da água e minimizar o acúmulo de sais na planta.

Aos 65 DAS o decréscimo por incremento unitário da CE_{sn} foi de 9,14%. Foi estimada para esta fase do ciclo, uma variação de 95% quando se compara a AF das plantas sob 1,7 dS m⁻¹ em relação às sob 11,5 dS m⁻¹ (Figura 9). Dentre as variáveis estudadas, observou-se maior redução em função do aumento da CE_{sn} sobre a AF, denotando que esta variável pode ser utilizada como indicador do efeito da salinidade sobre a planta.

Figura 9. Área foliar do girassol (EMBRAPA 122-V2000) aos 35, 45, 55 e 65 DAS, cultivado em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e diferentes densidades de plantio.



6 CONCLUSÕES

As variáveis de crescimento (comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e área foliar) foram afetadas negativamente pela salinidade da solução nutritiva, sobretudo a partir de 6 dS m⁻¹. Sendo que a área foliar foi a variável mais sensível aos efeitos da salinidade.

A densidade de plantio não afetou nenhuma variável de crescimento das plantas em nenhuma época do seu estágio fenológico, sendo recomendado o uso de duas plantas por vaso, fato que justifica a adoção desta estratégia de manejo quando se utiliza solução nutritiva salina no cultivo de plantas de girassol em sistema semi-hidropônico.

A interação salinidade da solução nutritiva vs densidade de plantio não afetou nenhuma variável de crescimento do girassol cultivado em sistema semi-hidropônico.

7 REFERÊNCIAS

AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of soilless grown bell pepper cultivar to salinity. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 807, p. 227-232, 2009.

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 491-498, 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

CATERINA, R. Di; GIULIANI, M. M.; ROTUNNO, T.; CARO, A. de; FLAGELLA, Z. Influence of salt stress on seed yield and oil quality of two sunflower hybrids. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 151, n. 2, p. 145-154, 2007.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. da C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 57-61, 2005. Suplemento.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.

COSTA, M. E. da; MORAIS, F. A. de; SOUZA, W. C. M. de; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T. de. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.

DIAS, N. da S.; SOUSA NETO, O. N. de; COSME, C.R.; JALES, A.G. de O.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, A. M. de. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução

nutritiva com rejeito salino em hidroponia, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 991-995, 2011.

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

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, p. 330-338, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Números do setor**, 2012. Disponível em: < http://www.ibraflor.com/ns_mer_interno.php>. Acesso em: 25 dez. 2012.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; BÔAS, R. L. V.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 73-82, 2007.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A.B.; LO OSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BORTOLUZZI, M. P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, 2009.

MORGADO, L. N.; CARVALHO, C. A. L. de. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras- MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1167-1177, 2002.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 551-558, 2009.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. de; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. da; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigada com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 758-765, 2009.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. de. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S. Salinity Laboratory, 1954.160 p. (Agriculture Handbook, 60).

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011.

SAVVAS, D.; STAMATI, E.; TSIROGIANNIS, I. L.; MANTZOS, N.; BAROUCHAS, P. E.; KATSOULAS, N.; KITTAS, C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 91, p. 102-111, 2007.

TRAVASSOS, K. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; BARROS, H. M. M.; DIAS, N. da S.; UYEDA, C. A.; SILVA, F. V. da. Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 324-339, 2012. Edição especial.