



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

CICERA JULIANA CRUZ DA SILVA

CULTIVO DO GIRASSOL SOB DIFERENTES LAMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA
SALOBRA

FORTALEZA

2016

CICERA JULIANA CRUZ DA SILVA

CULTIVO DO GIRASSOL SOB DIFERENTES LAMINAS DE IRRIGAÇÃO COM AGUA
SALOBRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra

FORTALEZA

2016

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

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

- S579c Silva, Cicera Juliana Cruz da.
Cultivo do girassol sob diferentes laminas de irrigação com água salobra / Cicera Juliana Cruz da Silva. –
2016.
73 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra.
Coorientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
1. Helianthus annuus L. 2. Salinidade. 3. Necessidade hídrica. I. Título.

CDD
631.4

CICERA JULIANA CRUZ DA SILVA

CULTIVO DO GIRASSOL SOB DIFERENTES LAMINAS DE IRRIGAÇÃO COM AGUA
SALOBRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em: 05 / 12 / 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Cley Anderson Silva de Freitas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará- IFCE

A **Deus**, por ser meu sustento diário.

Aos meus Pais, **Caetano José da Silva** (*in memoriam*) e **Luzia Jesuíta Cruz da Silva** por confiar e acreditar no meu esforço e pela sua dedicação em todos os momentos da minha vida.

A minha irmã, **Diana Maria**, por sempre sonhar ao meu lado por um amanhã, mas promissor.

Ao Professor **Marcus Bezerra**, pela orientação e por ter acreditado em mim, e me ensinar lutar pelos meus ideais.

A **Comunidade Recado** por todo crescimento a mim propiciado e aos meus **Familiares** e **Amigos**, por sempre me ajudar a viver uma vida melhor.

Oferto

AGRADECIMENTOS

Deus é capaz de retardar Seus planos para poupar-nos dos riscos de sermos diluídos no meio dos outros. Ao contrário, somos chamados a ser fermento de santidade, serviço e amor à Igreja. (RVR 61)

Com certeza Deus foi o melhor amigo dessa minha caminhada e a Ele só me resta dar-Lhe meu sim e minha eterna gratidão. Obrigada Senhor pela sua fidelidade mesmo nos meus erros.

Família, sinônimo de alicerce, e junto dela pude crescer e superar tudo que sozinha não saberia.

A Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade oferecida à realização deste curso.

Ao professor Marcus Bezerra por ter me ajudado no meu crescimento profissional e por sua amizade a mim devotada, a todos os docentes que contribuíram na construção de um sonho e em especial a Maria Lucia, Carmem Dolores e Socorro Carneiro por sua amizade, e aqueles que me ensinaram o quanto é difícil realizar os nossos sonhos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFC.

Aos funcionários que compõem a família do departamento de ciência do solo, meu muito obrigada, pela disponibilidade e qualidade dos serviços ofertado.

A CAPES pelo o incentivo financeiro que financiou essa pesquisa. A FUNCAP pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus vários amigos de caminhada, em especial: Aridiano, Crisanto, Denise, Dimitri, Erisson, Fabiana, Hemerson, Jordânia, Juliana Maria, Junior Martins, Mariana Morel, Michelle, Nougla, Raphaella Felix, Robervania, Silvana, entre outros, pelos longos momentos de correria e aperreios que passamos, mas também pelas diversas horas de descontração e diversão durante estes anos de pós-graduação.

A meus amigos e família que sempre souberam que sou capaz e me ensinaram a ser melhor.

A Comunidade Recado que me formou de uma forma bem particular.

E a todos aqueles que não mencionados fizeram parte de alguma forma desta conquista e por sua presença afetiva em minha vida.

Muito obrigada!

RESUMO

Dentre as técnicas agronômicas de produção, a irrigação é uma aliada importante no desempenho agrônomo, entretanto, um dos grandes problemas da atualidade é a escassez de água. A disponibilidade mundial de água doce para irrigação está diminuindo, de forma que o uso de água de qualidade inferior na irrigação se torna um desafio e uma necessidade. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o efeito conjunto de quatro águas salobras na reposição da evapotranspiração na cultura do girassol, visando o entendimento acerca da melhor estratégia de irrigação para minimizar os impactos negativos do uso de água salobra na cultura. O experimento teve como delineamento experimental blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de quatro águas salobras na parcela (1,0; 2,5; 4,0 e 5,5 dS m⁻¹), cinco níveis de irrigação (L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅ equivalentes a 50; 75; 100; 125 e 150% da evapotranspiração da cultura) na subparcela. As sementes de girassol foram semeadas em vasos de 20 litros. Para avaliação da pesquisa foram analisadas as variáveis: altura de plantas; número de folhas; diâmetro do caule; área foliar; fitomassa; partição de fitomassa; diâmetro capítulo; teor de proteína; teores de nutriente Ca, Na, Cl, K e trocas gasosas. Os dados coletados foram analisados pela estatística descritiva clássica. Foram aplicados também, testes para verificar a normalidade dos dados e posteriormente, mediante análise de variância, avaliou-se a significância dos tratamentos pelo teste F. Quando denotado efeito significativo, os tratamentos de natureza qualitativa foram avaliados conforme testes de comparações de médias e os dados de natureza quantitativa foram submetidos aos estudos de regressão. O crescimento (altura da planta, diâmetro do capítulo externo e área foliar) das plantas de girassol não sofreu restrição ao ser expostas a estresse salino e hídrico, já a produção de biomassa (massa seca de fitomassa como sua partição) sofreram redução ao estresse sofrido pela salinidade, já o fator hídrico proporcionou uma melhora no rendimento da fitomassa total. A influência mútua dos fatores salinidade e déficit hídrico aguçam a susceptibilidade do girassol à elevação da salinidade, ou seja, com a elevação da lâmina diminuiu o efeito da elevação da CE. Os teores de nutriente Ca, Na, Cl, crescem positivamente com o acréscimo da salinidade e aumento da lâmina de irrigação. Já o nutriente K reduz drasticamente com o aumento da salinidade. A aplicação de água salina durante a fase final do ciclo do girassol inibiu as trocas gasosas foliares, entretanto, o déficit hídrico exerceu uma baixa influência, mostrando que o girassol é mais tolerante à variação da lâmina de irrigação nas diferentes fases de seu desenvolvimento sem acarretar muitos danos no processo fotossintético. A aplicação de estratégias diferenciadas de

manejos de irrigação com águas salobras na forma mais severa poderia ter conduzido a diferenças mais significativas nos resultados obtidos. Desta forma, sugere-se que estudos posteriores sejam conduzidos sob diferentes intensidades de déficits hídricos ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. A utilização de lâminas de irrigação com águas salobras proporciona um aumento no volume de água destinado à irrigação em regiões semiáridas.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Salinidade. Necessidade hídrica.

ABSTRACT

Among the agronomic production techniques, irrigation is an important ally in agronomic performance, however, one of the great problems of our time is the shortage of water. The global availability of fresh water for irrigation is decreasing due to increasing competition from urban and industrial development, so that the quality of water use less irrigation becomes a challenge and a necessity. In this context, the objective of this research is to evaluate the effect set of four brackish water in the replacement of evapotranspiration in sunflower cultivation, aimed at understanding the best irrigation strategy to minimize the negative impacts of the use of brackish water culture. The experiment will have an experimental randomized block design in split plot, with four replications. The treatments consist in applying four brackish waters in the portion (1.0; 2,5; 4,0 and 5.5 dS m⁻¹), five levels of irrigation (L1, L2, L3, L4 and L5 equivalent to 50, 75, 100, 125 and 150% of crop evapotranspiration) as subplots. Sunflower seeds were sown in pots 20 liters. The following variables for this research were analyzed: plant height; number of sheets; stem diameter; leaf area; biomass; phytomass partition; outer diameter of the chapter; water consumption, electrical conductivity of water drainage, and gas exchange. The collected data were analyzed by classical descriptive statistics. Were also applied tests to verify the normality of the data and later by analysis of variance, will assess the significance of the F test treatments when denoted significant effect, the qualitative treatments were evaluated as means comparison tests and quantitative data were subjected to regression studies. The growth (plant height, diameter of the outer chapter and leaf area) of sunflower plants suffered no restriction to be exposed to salt and water stress, since the production of biomass (dry weight biomass as a partition) were reduced stress suffered by salinity, as the water factor provided an improvement in the yield of biomass total. A mutual influence of factors salinity and water deficit sharpens the susceptibility of sunflower to high salinity, with increasing blade reduced the effect of the EC lift . Ca nutrient content, Na, Cl, grow positively with the increase of salinity and increased blade irrigation. Since the nutrient K drastically reduces with increasing salinity. The application of saline water during the final phase of the Sunflower cycle inhibits leaf gas exchange, however, the drought exercised a low influence, showing that sunflower and more tolerant irrigation lamina of variation in the different stage of development without causing a lot of damage in the photosynthetic process. The application of different strategies for irrigation management with brackish water in the most severe form could have led to more significant differences in the results obtained. Thus, it is suggested

that further studies are conducted under different intensities of water stress throughout the different development stages of the crop. The use of irrigation with brackish water slides, provides an increase in the volume of water for the irrigation in semiarid regions.

Keywords: *Helianthus annuus* L. salinity. water requirement.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Casa de Vegetação utilizada para a condução do experimento. Fortaleza, Ceará, 2016..... | 27 |
| Figura 2 | Croqui da área experimental. Fortaleza, Ceará, 2016..... | 29 |
| Figura 3 | Vasos distribuídos no experimento. Fortaleza, Ceará, 2016..... | 30 |
| Figura 4 | Avaliação da altura das plantas de girassol. Fortaleza, Ceará, 2016..... | 32 |
| Figura 5 | Avaliação do diâmetro do caule das plantas de girassol. Fortaleza, Ceará, 2016..... | 33 |
| Figura 6 | Avaliação da área foliar das plantas de girassol. Fortaleza, Ceará, 2016..... | 33 |
| Figura 7 | Avaliação das trocas gasosas foliares. Fortaleza, Ceará, 2016..... | 35 |
| Figura 8 | Número de folha final - NFF (cm) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos níveis de salinidade e déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 39 |
| Figura 9 | Diâmetro do caule final - DCF (cm) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a níveis ao déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 41 |
| Figura 10 | Massa seca da fitomassa - MSF (g) da planta girassol cultivar BRS 323, em resposta ao déficit hídrico (a), e as combinações níveis de salinidade e déficit hídrico (b), aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 44 |
| Figura 11 | Massa seca da partição de fitomassa da parte aérea MSPFPA (g) da planta girassol cultivar BRS 323, em resposta ao diferente déficit hídrico aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 46 |

| | |
|---|----|
| Figura 12 Massa seca da partição de fitomassa capitulo - MSPFC (g.kg^{-1}) de a planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos vários níveis de salinidade, aos 90 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 47 |
| Figura 13 Teor de Cálcio - Ca (g.kg^{-1}) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos vários níveis de salinidade, aos 90 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 50 |
| Figura 14 Teor de Potássio - K (g.kg^{-1}) (a), Teor de Sódio - Na (g.kg^{-1}) (b) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos vários níveis de salinidade, aos 90 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 51 |
| Figura 15 Teor de Cloro - Cl (g.kg^{-1}) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta ao déficit hídrico (a) e diferente níveis de salinidades (b), aos 90 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 52 |
| Figura 16 Eficiência instantânea da água (A E^{-1}) - $\text{molCO}_2 * \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferentes níveis de salinidades e déficit hídrico, aos 45 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 54 |
| Figura 17 Condutância estomática (gs) - da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferente níveis de déficit hídrico, aos 75 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 56 |
| Figura 18 Condutância estomática (gs) - da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferente combinação de níveis de salinidades e déficit hídrico, aos 75 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 57 |
| Figura 19 Transpiração (E) - da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferente de níveis déficit hídrico (a) e diferente de níveis de salinidades (b), aos 75 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... | 58 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 01** Resumo das análise de variâncias para os dados da altura de planta final (APF), numero de folha final (NFF), diâmetro do caule final (DCF) e diâmetro do capitulo (DC), do girassol cultivar BRS 323 cultivada sobre vários níveis de salinidade e déficit hídrico aos 90 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... 36
- Tabela 02** Resumo das análise de variâncias para os dados da área foliar final (AFF), massa seca de fitomassa (MSF), massa seca da partição da parte aérea (MSPPA), massa seca da partição do capitulo (MSPC), teor de proteína da semente (TPS), do girassol cultivar BRS 323, cultivada sobre vários níveis de salinidade e déficit hídrico aos 90 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... 42
- Tabela 03** Resumo das análise de variâncias para os dados cálcios (Ca⁺), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cloro (Cl⁻), teor de proteína da parte aérea (TPPA), cultivar BRS 323, do girassol cultivado sobre vários níveis de salinidade e déficit hídrico aos 90 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... 47
- Tabela 04** Resumo das análise de variâncias para os dados de condutância estomática (gs), transpiração (E), fotossíntese (A), eficiência instantânea do uso da água (A E⁻¹) e eficiência intrínseca do uso da água (A gs⁻¹) em girassol, cultivar BRS 323, cultivada sobre diferentes níveis de salinidade e déficit hídrico aos 45 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... 52
- Tabela 05** Resumo das análise de variâncias para os dados de condutância estomática (gs), transpiração (E), fotossíntese (A), eficiência instantânea do uso da água (A E⁻¹) e eficiência intrínseca do uso da água (A gs⁻¹) em girassol, cultivar BRS 323, cultivada sobre diferentes níveis de salinidade e déficit hídrico aos 75 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016..... 54

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 | Hipóteses..... | 15 |
| 1.2 | Objetivos..... | 15 |
| <i>1.2.1</i> | <i>Objetivos gerais.....</i> | <i>15</i> |
| <i>1.2.2</i> | <i>Objetivos específicos.....</i> | <i>15</i> |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 17 |
| 2.1 | Aspectos Gerais da Cultura do Girassol..... | 17 |
| 2.2 | Classificação botânica e aspectos morfofisiológicos..... | 18 |
| 2.3 | Estádios Fenológico do girasso..... | 19 |
| 2.4 | Irrigação e Qualidade da água..... | 21 |
| 2.5 | Salinidade e o seu efeito sobre os vegetais..... | 22 |
| 2.6 | Déficit hídrico e seus efeitos sobre os vegetais..... | 23 |
| 2.7 | Estresses Múltiplos e seus efeitos sobre os vegetais..... | 25 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 27 |
| 3.1 | Localização e Caracterização do Ambiente Experimental..... | 27 |
| 3.2 | Cultura..... | 28 |
| 3.3 | Delineamento experimental e Composição dos tratamentos..... | 28 |
| 3.4 | Caracterização do material e Descrição das Unidades Experimentais.... | 29 |
| 3.5 | Preparo da água de irrigação (água salobra) | 29 |
| 3.6 | Manejo de Irrigação..... | 30 |
| 3.7 | Adubação..... | 30 |
| 3.8 | Tratos Culturais..... | 30 |
| 3.9 | Colheita e beneficiamento..... | 31 |
| 3.10 | Variáveis analisadas..... | 31 |
| 3.11 | Análises Estatística..... | 35 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUÇÕES..... | 36 |
| 4.1 | Altura da planta final, número de folha final, diâmetro do caule final e diâmetro do capítulo..... | 36 |
| 4.2 | Área foliar final, produção de fitomassa e teor de proteína..... | 41 |
| 4.3 | Teores de nutrientes da parte aérea..... | 47 |
| 4.4 | Condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida, eficiência instantânea e intrínseca de uso da água..... | 51 |

| | | |
|----------|--------------------------|-----------|
| 5 | CONCLUSÃO | 59 |
| | REFERÊNCIAS | 60 |

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas na agricultura na atualidade é o fator limitante ligado a quantidade e qualidade da água. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é fator limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas, e sendo um agente problemático no processo de salinização dos solos agricultáveis (MELO *et al.*, 2011).

Dentre as técnicas agronômicas de produção, a irrigação é uma aliada importante no desempenho agrônomo. O emprego da irrigação na agricultura sustentável depende de técnicas de manejo, que proporcione e garanta uma sustentabilidade ambiental e social, permitindo a rentabilidade econômica da produção, sem que leve a uma degradação do solo. Entretanto, a irrigação também é reconhecidamente uma das principais causadoras de impactos ambientais negativos de origem antrópica, principalmente na região do semiárido.

O problema da salinização pode ocorrer com o uso de água com baixa concentração de sais em condições de má drenagem do solo e de manejo incorreto da irrigação; com o emprego de águas salobras, o processo da salinização se torna catalisado e suas consequências potencializadas. A salinidade afeta o desempenho das plantas através de déficit de água, toxidez provocadas por íons, desequilíbrio nutricional, entre outros.

Nem todas as culturas respondem igualmente aos efeitos da salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Esta diferença se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água (AYERS; WESTCOT, 1999; SANTANA *et al.*, 2007).

Neste caso, a utilização das águas salobra na agricultura deve ser considerada uma alternativa importante tendo em vista que água é um recurso natural e escasso. O uso de águas salobras na irrigação para produção vegetal é um desafio que vem sendo superado com sucesso em diversas partes do mundo; graças à utilização de espécies tolerantes e à adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água de irrigação (RHOADES *et al.*, 2000).

O girassol é uma cultura moderadamente sensível a salinidade (KATERJI *et al.*, 2000), porém, acredita-se que o girassol pode ser uma cultura promissora a ser utilizada no manejo com água salobra, por ser uma cultura próspera na agricultura, e por proporcionar e garantir uma sustentabilidade ambiental e social, permitindo a rentabilidade econômica da produção, sem que leve a uma degradação do solo.

Para uma estratégia racional de manejo de irrigação faz-se necessário o conhecimento dos efeitos dos sais da água de irrigação sobre o solo e a planta em diferentes estádios de desenvolvimento; referidos dados permitem estabelecer critérios de maior exposição da planta ao meio adverso e à necessidade de uma boa condução cultural, orientando racionalmente a irrigação (MEDEIROS *et al.*, 2008).

Nesse contexto, a busca por compreender a resposta fisiológica da cultura, nos levará ao entendimento do processo e proporcionará melhor tomada de decisão na escolha de cultura a ser explorada em condições de estresse, que permitirá a utilização de áreas que estão e/ou sofreram processo de degradação, permitindo sua reintegração ao sistema produtivo.

1.1 Hipótese

A presente dissertação procurou elucidar as seguintes hipóteses:

1. A aplicação de estratégias diferenciadas de manejos de irrigação com águas salobras no cultivo de girassol é capaz de proporcionar a maximização do potencial agrônômico da cultura;
2. A utilização de lâminas de irrigação com águas salobras proporcionará um aumento no volume de água destinado à irrigação em regiões semiáridas, garantindo a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho da cultura do girassol sob diferentes níveis de irrigação e salinidade, baseados em percentuais de evaporação do tanque classe A para fins de experimentação agrícola.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Analisar o efeito conjunto de quatro águas salobras e cinco lâminas de irrigação, aplicados em função dos percentuais de evaporação da cultura, no desempenho da cultura do girassol, buscando compreender a interação entre irrigação e salinidade sobre a cultura.

2. Estudar o desempenho da cultura do girassol mediante a aferição nos parâmetros fotossintéticos, biométricos e bioquímicos, da produção e qualidade da produção sob quatro níveis de salinidade e cinco lâminas de irrigação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Girassol

O girassol é uma das quatro culturas oleaginosas produtoras de óleo vegetal comestível em utilização no mundo. Das flores, podem ser extraídos de 20 a 40 kg de mel por hectares da cultura; elas originam as sementes, que podem ser consumidas tanto pelo homem como pelo os animais, das quais extraem um óleo de excelente qualidade nutricional (UNGARO, 2000).

De acordo com a EMBRAPA (2009), o girassol é uma cultura que se desenvolve bem na maioria dos solos agricultáveis, podendo ser cultivado em praticamente todo o território nacional, desde o Rio Grande do Sul até o hemisfério norte, no Estado de Roraima. Atualmente, ele é cultivado comercialmente principalmente nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Paraná, Bahia e Ceará, principalmente na safrinha, em semeadura direta, especialmente após a cultura da soja. O principal destino desta produção é atender a indústria de óleo comestível ou da agroindústria, o mercado de pássaros, o de silagem e até a produção de biodiesel. Além disso, existem estudos de empresas oficiais de pesquisa, e mesmo experiência de agricultores, mostrando que é uma cultura com expectativa de sucesso também em Roraima, onde o ciclo pode ser de 75 a 80 dias, enquanto nas demais regiões são de aproximadamente 110 dias.

O Conselho Nacional de Abastecimento (CONAB,2014), destaca entre os dez maiores produtores de girassol: Ucrânia, Rússia, Argentina, China, França, Romênia, Bulgária, Turquia, Hungria e EUA. O Brasil encontra-se no 25º lugar com uma produção o equivalente a 108,8 mil toneladas de grão em uma área plantada de 68,7 mil ha, no ano de 2013/14.

Comumente, o girassol não é explorado em sua totalidade, visto que se trata de uma planta da qual o homem pode aproveitar quase todas as suas partes. O girassol pode ser usado como adubo verde, forragem e silagem; as raízes são utilizadas como matéria orgânica e na reciclagem de nutrientes, para obter uma melhor conservação do solo; o caule pode ser aproveitado na construção civil como isolante acústico e térmico (UNGARO, 2006; SABBAGH, 2008). As folhas podem ser usadas como herbicidas naturais (ALVES, 2008). Os capítulos fornecem sementes que são utilizadas na alimentação animal; as flores podem ser cultivadas para fins ornamentais ou para a produção de mel comercial, os grãos são ricos em proteína e deles se pode extrair o óleo, as cascas são usadas na alimentação animal e podem ser prensadas na forma de aglomerado para a indústria de móveis. Na cultura indígena do

girassol eram aproveitados os pigmentos provenientes das pétalas e das sementes (MOREIRA, 2007). Quando extraído, o óleo é utilizado na alimentação humana, no biodiesel e na indústria cosmética.

2.2 Classificação botânica e aspectos morfofisiológicos

O girassol é uma planta da família *Asteraceae*, dicotiledônea anual. O gênero deriva do grego *helios*, que significa sol, e de *anthus*, que significa flor, ou "flor do sol", que gira seguindo o movimento do sol. É um gênero complexo, compreendendo 49 espécies e 19 subespécies, sendo 12 espécies anuais e 37 perenes (CAVASIN JUNIOR, 2001).

Do ponto de vista comercial, a *Helianthus annuus* L. é a espécie mais importante do gênero, pois apresenta características agrônômicas desejáveis, como ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento em óleo, fato que torna a cultura do girassol como uma das oleaginosas mais promissoras para a produção de biocombustíveis (SILVA *et al.*, 2007).

O sistema radicular é pivotante e cresce mais rapidamente que a parte aérea da planta, no começo do desenvolvimento, sendo formado por um eixo principal e raízes secundárias abundantes. A profundidade explorada pelo sistema radicular do girassol depende dos atributos físicos e químicos do solo e cerca de 65% das raízes funcionais se encontram nos primeiros 40 cm (ROSSI, 1998).

Uma planta de haste única, o girassol cultivado é não ramificado, ereto, pubescente e áspero, tendo cor verde até o final do florescimento, quando passa a coloração amarelada, e pardacento no momento da colheita. Sua altura nas variedades para produção de óleo varia de 60 a 220 cm e seu diâmetro de 1,8 e 5 cm (ROSSI, 1998). Ao longo do caule, distribuem-se as folhas do girassol em número e formas variáveis. O crescimento em altura da planta se deve à atividade da gema apical vegetativa, localizada no ápice do caule.

A inflorescência é do tipo capítulo e as flores são dispostas ao longo do receptáculo floral, o qual apresenta brácteas imbricadas, compridas e ovais, ásperas e pilosas. O diâmetro médio do capítulo pode variar de 17 a 22 cm, dependendo da variedade e do híbrido, e das condições ambientais a que é submetido (ROSSI, 1998).

O capítulo, aliado ao caule, são os componentes de maior contribuição na produção da biomassa final do girassol (ACOSTA, 2009) e em ornamentações (NEVES *et al.*, 2005). O girassol também possui um pseudofruto seco, conhecido como aquênio, que é originado de um ovário inferior e de um pistilo dicarpelar. O aquênio é indeiscente e possui uma só semente, conectada à parede do fruto (pericarpo) por apenas um ponto, o funículo (CASTRO;

FARIAS, 2005). Ainda conforme os autores, as sementes claras ou claras estriadas apresentam geralmente um menor teor de óleo, e em contrapartida sementes negras ou negras estriadas possuem um maior rendimento de óleo.

2.3 Estádios fenológico do girassol

A importância de se adotar uma escala fenológica, identificando cada etapa do desenvolvimento, é que facilita e adéqua melhor a época das práticas culturais. A escala fenológica, descrita por Schneiter e Miller (1981), divide o desenvolvimento do girassol em fases vegetativa (V) e reprodutiva (R). A fase vegetativa se inicia pela emergência da plântula e, posteriormente, é subdividida em uma série de estádios. A fase reprodutiva apresenta nove estádios e é iniciada com o surgimento do botão floral até a maturação fisiológica.

O período vegetativo é iniciado com a emergência das plântulas e termina com o aparecimento do botão floral. Após a emergência, os estádios vegetativos são definidos em função do número de folhas maiores que 4 cm de comprimento da base da lâmina até a sua extremidade.

- VE (emergência): período em que o hipocótilo se eleva e emerge na superfície do solo juntamente com os cotilédones e ocorre o aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras que deve apresentar menos que 4 cm de comprimento.

A emergência deve ocorrer em até sete dias, porém se a profundidade de plantio for maior que 5 cm, ocorrer temperaturas abaixo de 10° C ou ausência de água, poderá prorrogar esse período. Esta fase deve ocorrer de forma mais rápida e uniforme possível.

- Vn (desenvolvimento das folhas): período referente ao aparecimento de folhas verdadeiras com o mínimo de 4 cm de comprimento. É definido pelo número de folhas, V1, V2, V3, V4, Vn. Em caso de senescência foliar, para efeito de contagem e caracterização do estádio, deve-se levar em consideração, também, o número de folhas ausentes, identificadas no caule por meio de suas respectivas cicatrizes foliar.

O período reprodutivo inicia-se com o aparecimento do botão floral e evolui até a maturação fisiológica da planta, descritos a seguir:

- R1: A inflorescência circundada pela bráctea imatura está visível e apresenta muitas pontas, parecida com uma estrela, por isso fica conhecida como estádio estrela. O processo de formação dos primórdios florais tem início a partir do estádio de 8 a 10 folhas. Essa primeira fase é essencial, pois já determina o número potencial de aquênios (BLANCHET, 1994).

- R2: O internódio abaixo da base do botão floral alonga-se de 0,5 a 2,0 cm acima da última folha inserida no caule. Algumas plantas podem ter brácteas adventícias na base do capítulo, as quais devem ser desconsideradas na descrição dessa fase.
 - R3: O internódio imediatamente abaixo do botão reprodutivo continua a se alongar, a uma distância maior que 2,0 cm acima da última folha inserida no caule.
 - R4: A inflorescência começa a abrir. As flores liguladas são visíveis e, frequentemente amarelas. Este é o período mais crítico da cultura.
 - R5: Caracteriza-se pelo início da antese. As flores liguladas estão completamente expandidas e todo o disco das flores está visível. Este estágio pode ser dividido em sub-estádios, conforme a porcentagem de flores tubulares do capítulo que estão liberando pólen.
 - R5.1: 10% das flores estão abertas;
 - R5.2: 20% das flores estão abertas;
 - R5.3: 30% das flores estão abertas;
 - R5.4: 40% das flores estão abertas;
 - R5.5: 50% das flores estão abertas (floração plena).
- Este estágio continua sendo subdividido até o R5.10, o qual apresenta 100% das flores abertas.
- R6: É caracterizado pela abertura de todas as flores tubulares e as flores liguladas perderam a turgidez e estão murchando. O florescimento pode durar entre 10-15 dias. Temperaturas baixas e tempo nublado e úmido prorrogam o florescimento, enquanto temperaturas altas ou estresse hídrico levam a antecipação do florescimento diminuindo o ciclo da cultura.
 - R7: Fase do início do desenvolvimento dos aquênios. O dorso do capítulo torna-se amarelado. Em solos com pH menor que 5,2, o crescimento fica prejudicado formando plantas pequenas podendo haver redução de até 80% no rendimento dos aquênios.
 - R8: Continua o desenvolvimento dos aquênios. O dorso do capítulo torna-se amarelo, porém as brácteas permanecem verdes. Temperaturas altas nesse período ocasionam redução no teor de óleo. Com o desenvolvimento desta fase a superfície das folhas diminui.
 - R9: Fase referente à maturação dos aquênios (maturação fisiológica), os quais apresentam umidade entre 30 a 32%. As brácteas adquirem a coloração entre amarela a castanha e, grande parte do dorso do capítulo torna-se castanho.

A maturação de colheita é caracterizada pela perda d'água nos aquênios podendo durar entre 20 a 30 dias dependendo das condições climáticas. É desejável que esta fase ocorra o mais rápido possível para minimizar perdas e evitar desenvolvimento de pragas e ataques de pássaros. A colheita deve ser realizada quando a umidade dos aquênios estiver entre 14 e

18%. A duração do crescimento vegetativo depende do genótipo e do clima; para genótipos precoces o início do florescimento se dá em torno de 50-55 dias e para os tardios de 60-65 dias. Até o início do florescimento as plantas atingem 90-95% do tamanho total.

2.4 Irrigação e Qualidade da água

A agricultura irrigada depende da quantidade e da qualidade da água. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é fator limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

Em várias partes do mundo a agricultura está enfrentando um sério problema de disponibilidade de recursos hídricos adequado, forçando muitos agricultores a utilizarem água com concentração de sais relativamente alta para irrigação das culturas (SAVVAS *et al.*, 2007). Em muitas áreas de produção o uso de água de baixa qualidade na irrigação e manejo inadequado de fertilizantes minerais, são as maiores causas dos problemas de salinidade dos solos cultivados.

A preocupação com a salinidade para a agricultura ocorre por conta dos impactos negativos no crescimento, desenvolvimento e no rendimento das culturas. Além de prejudicar, também, a própria estrutura edáfica, pode resultar em grandes áreas abandonadas, por serem onerosos e demorados os processos de recuperação de solos, em geral, principalmente quando em avançado grau de salinidade, requerendo tecnologias mais sofisticadas. Assim, prevenir é a melhor alternativa para assegurar o uso do solo pela agricultura de forma sustentável (GHEYI, DIAS, LACERDA; 2010).

As águas que se destinam à irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos, considerados importantes na determinação da qualidade agronômica das mesmas, sendo eles: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade, determinada pela razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação, se refere ao efeito do sódio contido na água de irrigação, que tende a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST), afetando a sua capacidade de infiltração (PIZARRO, 1985). A toxicidade refere-se ao efeito de alguns íons sobre as plantas, sendo eles o cloreto, o sódio e o boro, que quando encontrados em concentrações elevadas podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção (HOLANDA; AMORIM, 1997). Já Bernardo (1995) cita, além destes parâmetros

básicos de avaliação, a concentração de bicarbonatos e o aspecto sanitário da água devem ser considerados.

A concentração total de sais na água para irrigação normalmente é expressa em relação à sua condutividade elétrica (CE), podendo ser determinada com rapidez e muita precisão (DONEEN, 1975). É uma propriedade iônica que indica a capacidade de condução de corrente elétrica na água, têm proporcionalidade direta com a concentração de sais dissolvidos, crescendo com a temperatura e variando com o tipo de sal dissolvido para uma mesma concentração (SANTOS, 2000). De acordo com Rhoades e Loveday (1992), poucas águas de uso generalizado em irrigação excedem cerca de 2 dS m^{-1} de condutividade elétrica. Para Pizarro (1985) uma água de irrigação de boa qualidade deve apresentar uma CE de, aproximadamente, $0,75 \text{ dS m}^{-1}$.

2.5 Salinidade e o seu efeito sobre os vegetais

A salinidade como fator químico, pode ter sido o primeiro fator estressante durante a evolução da vida terrestre (LARCHER, 2000). As plantas sujeitas a estresse salino por vezes toleram mudanças nestas condições. A capacidade destes organismos em tolerar sais é determinada pelas múltiplas vias bioquímicas que promovem a retenção e/ou a aquisição de água, resguardando as funções fotossintéticas e conservando a homeostase iônica (ESTEVES; SUZUKI, 2008)

Potencialmente, o estresse salino é capaz de comprometer todos os processos fisiológicos e metabólicos das plantas (ZHU, 2002). Porém, as respostas ao estresse salino são largamente variáveis em função da espécie, bem como do genótipo, de tal forma que, algumas espécies vegetais encerram elevada tolerância à salinidade, enquanto outras se mostram altamente vulneráveis aos seus efeitos (WILLADINO; CÂMARA, 2010).

A salinidade afeta o desempenho das plantas através de déficit de água, toxidez provocadas por íons, desequilíbrio nutricional (MUNNS; TERMAAT, 1986) e indiretamente mediando competições interespecíficas (PENNING; CALLAWAY 1992). As consequências lesivas da elevada salinidade foram notadas na planta inteira, resultando em morte ou diminuição da produtividade. Assim, como em resposta aos danos causados pelo excesso de sal, muitas plantas ampliaram os mecanismos de tolerância através de exclusão e/ou compartimentalização de sais.

Durante o efeito da salinidade, determinados processos são danificados, tais como: síntese de proteínas, metabolismo de lipídios e fotossíntese. Uma das respostas iniciais é a

redução da expansão da superfície foliar, acompanhado de uma intensificação do estresse (WANG; NIL 2000). Este efeito promove redução nas concentrações de carboidratos, que são a base necessária para o desenvolvimento celular. As respostas biológicas a alta salinidade em plantas tem sido mais discutidas (MUNNS, 2005; EHRET; PLANT, 1999; ZHU, 2002).

Os mecanismos de tolerância aos sais podem ser simples ou extremamente complexos. Os meios mais simples envolvem alteração de algumas vias bioquímicas. Os mais complexos envolvem maior proteção do sistema respiratório e fotossintético, uso eficiente da água, manutenção da parede celular e cromossomos (MUNNS 2002).

Entre os demais processos afetados pela salinidade, a redução da fotossíntese tem sido amplamente relatada na literatura e tem sido atribuída a limitações de origem estomática e não estomática. Sabe-se que a atividade fotoquímica apresenta resistência ao estresse salino de curta duração, sem redução da eficiência quântica potencial do fotossistema II. Contudo, sob exposição prolongada a sais, quando altas concentrações de íons se acumulam nos tecidos, a atividade fotoquímica também pode ser afetada (MUNNS; TESTER, 2008; NETONDO *et al.*, 2004a, 2004b; PRAXEDES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2010b; SILVA *et al.*, 2011).

Segundo Munns; James e Läuchli (2006), indiretamente, o menor crescimento das plantas, devido à salinidade, também tem sido atribuído à redução na absorção de alguns dos principais nutrientes, estando o cálcio (Ca) e o potássio (K), entre os mais bem documentados. Para sobreviverem ao estresse salino, às plantas utilizam vários mecanismos bioquímicos e fisiológicos. As rotas bioquímicas que aumentam a tolerância à salinidade, provavelmente agem aditivamente e sinergisticamente (IYENGAR; REDDY, 1996). Tais estratégias incluem o acúmulo seletivo ou a exclusão de íons, o controle na absorção dos íons e seu transporte para as folhas, a compartimentalização dos íons nas células ou na planta como um todo, síntese de solutos compatíveis, mudanças na rota fotossintética, alteração na estrutura das membranas, indução de enzimas antioxidantes e hormônios vegetais (PARIDA; MITTRA, 2005).

2.6 Déficit hídrico e seus efeitos sobre os vegetais

De todos os recursos abióticos que as plantas necessitam para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ainda, frequentemente, o mais limitante (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Silva *et al.* (2012), essas flutuações na disponibilidade de água comprometem o cultivo da maioria das plantas acarretando, dentre as suas mais prováveis consequências, instabilidade da produção, perdas de rendimento e deterioração da qualidade dos produtos

colhidos. Durante seus respectivos ciclos de vida, as plantas, muitas vezes, atravessam períodos de exposição ao déficit hídrico no solo e na atmosfera que, potencialmente, prejudicam os processos fisiológicos, bioquímicos, moleculares e morfológicos, resultando em inibição do crescimento.

Assim, considera-se que as plantas evoluíram muitas estratégias para manter o crescimento, quando a disponibilidade de água é restrita ou imprevisível (CONFORTO, 2008). Além do fato da sensibilidade ou tolerância das espécies vegetais ao déficit hídrico ser dependentes do estágio fenológico, da duração e da intensidade. As respostas às condições de deficiência hídrica são muito complexas e resultam da coordenação de ajustes fisiológicos, bioquímicos, metabólicos e moleculares, tanto a nível celular, como em órgãos e, até mesmo, em plantas inteiras, objetivando permitir a sobrevivência das plantas em condições de estresse (SANTOS; CHARLESSO, 1998).

Fisiologicamente, o fechamento estomático constitui uma das instantâneas respostas à deficiência hídrica, desencadeada com o objetivo de reduzir as perdas de água por transpiração, tendo em vista que o estado hídrico é dependente da condutância estomática e, por conseguinte, da transpiração. Cumpre salientar que os estômatos são capazes de reduzir sua condutância ao vapor de água em resposta ao estresse por escassez de água, antes mesmo que qualquer mudança no conteúdo de água na folha venha a ser detectado, o que reflete a eficiência do efetivo controle estomático sob déficit hídrico (FLEXAS; MEDRANO, 2002; CHAVES *et al.*, 2003).

Além da deficiência hídrica, a regulação da abertura e do fechamento dos estômatos responde ainda a uma complexa interação de fatores internos e externos e, como as plantas carecem de superfícies que permitam a difusão de CO₂ para seu interior e que, ao mesmo tempo, restrinjam a perda de água, essas limitações estomáticas acarretam a uma redução nas taxas fotossintéticas. De fato, o fechamento dos estômatos proporciona uma menor perda de água por unidade de assimilação de carbono, melhorando, assim, a eficiência de utilização da água em plantas estressadas. No entanto, o fechamento estomático resulta em redução da síntese de fotoassimilados (GONZÁLES *et al.*, 2008).

Neste sentido, os efeitos diretos do déficit hídrico sobre a fotossíntese resultam em limitações da difusão através dos estômatos até o mesofilo e em alterações no metabolismo fotossintético e, indiretamente, através do estresse oxidativo, acarretado pela síntese de espécies reativas de oxigênio (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; FLEXAS; MEDRANO, 2002; LAWLOR; CORNIC, 2002).

De fato, o fechamento dos estômatos proporciona uma menor perda de água por unidade de assimilação de carbono, melhorando assim a eficiência de utilização da água em plantas estressadas. No entanto, o fechamento dos estômatos também é acoplado com a inibição do fluxo de CO₂ e a absorção de nutrientes pelas raízes, eventualmente, resultando em redução da fotossíntese e da produção subsequente de hidratos de carbono (GONZÁLES *et al.*, 2008).

Glaz; Morris e Daroub (2004) advertem que, sob condições de escassez hídrica, as variáveis de trocas gasosas, condutância estomática, transpiração e fotossíntese, podem apresentar alterações de forma distinta, variáveis conforme a espécie vegetal analisada, tanto por limitações difusivas de CO₂, bem como pelas limitações metabólicas.

2.7 Estresses Múltiplos e seus Efeitos sobre os Vegetais

Múltiplos estresses são em grande parte responsáveis pela diferença entre potencial de produção e produtividade observada ao nível de produtor/lavoura. Existem duas visões básicas do trabalho de seleção para adaptação de plantas a estresses:

- a) produzir cultivares direcionados para melhor desempenho em agricultura de alto risco: áreas marginais/emprego de baixos níveis de insumos;
- b) tolerância a múltiplos estresses é vista como forma de reduzir o diferencial entre produção potencial e produção real das culturas ao nível de propriedade rural.

Dudal (1976) afirma que a maior parte das terras cultiváveis do mundo encontra-se sob algum tipo de estresse ambiental, sendo que somente cerca de 10% delas podem ser consideradas livres destes estresses. Os principais grupos de estresses abióticos podem ser listados como:

- a) Estresse de disponibilidade hídrica (seca, encharcamento, deficiência de oxigênio);
- b) Estresses nutricionais (dependentes de propriedades químico-físicas dos solos - pH, CTC, mineralogia, presença de toxidez/deficiências minerais, impedimento ao desenvolvimento radicular);
- c) Temperatura (regime térmico).

As plantas que estão expostas a múltiplos estresses, como por exemplo, o estresse salino, apresenta a formação de mudas, o crescimento, a produtividade e a qualidade da produção fortemente comprometido (COSTA *et al.*, 2001), devido provavelmente às reduções na absorção de água e atividades metabólicas das plantas que tem sido amplamente

relacionadas as deficiências nutricionais (SZABOLCS 1994, SHANNON; GRIEVE; FRANCOIS, 1994).

É sabido que na literatura há uma grande laguna de conhecimento relacionado ao efeito conjunto de estresse hídrico e salino como é afirmado por Liu *et al.*, (2008). Entretanto, conhecer e compreender o efeito interativo e sua influência no processo fisiológico dos vegetais proporcionará um manejo eficiente em ambiente que sofreram e/ou sofrem com problemas relacionado com salinidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do ambiente experimental

O trabalho foi desenvolvido em vasos na casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica do Departamento de Solo, no Campus Universitário do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC), município de Fortaleza – CE, localizado nas coordenadas geográficas: 03°45' S; 38° 33' W e altitude média de aproximadamente 19 m.

Fortaleza possui clima do tipo Aw', tropical chuvoso, com chuvas principalmente no verão e outono, segundo a classificação de Köppen, com predominância de duas estações climáticas ao longo do ano: chuvosa de curta duração, com precipitação média anual em torno de 800 mm, abrangendo os meses de janeiro a abril e seca de longa duração (AGUIAR *et al.*, 2003).

De acordo com o INMET (2015), a umidade relativa média anual é de 77,44%, com média anual de temperatura máxima de 31,09 °C e temperatura mínima de 23,88 °C, conforme dados climáticos coletados no período compreendido entre janeiro de 2000 e janeiro de 2015.

A casa de vegetação é do tipo capela, construída de estrutura em alvenaria com ferro, com as laterais em meia parede de alvenaria e telado de cor verde e chão de concreto. A cobertura da casa de vegetação é com telhas transparentes e translúcidas (Figura 1).

Figura 1 – Casa de Vegetação utilizada para a condução do experimento. Fortaleza, Ceará, 2016



Fonte: foto tirada pelo autor.

3.2 Cultura

A cultura utilizada no experimento foi o girassol (*Helianthus annuus* L.), híbrido Embrapa BRS 323, desenvolvido pela Embrapa Soja em 2013. Dentre as principais características do híbrido destacam sua precocidade (de 80 a 98 dias) e o teor de óleo nos aquênios, que varia de 40 a 44%. Apresenta boa resistência ao míldio, altura média das plantas de 166 a 190 cm e peso de mil aquênios variando de 60 a 75 g (EMBRAPA, 2013).

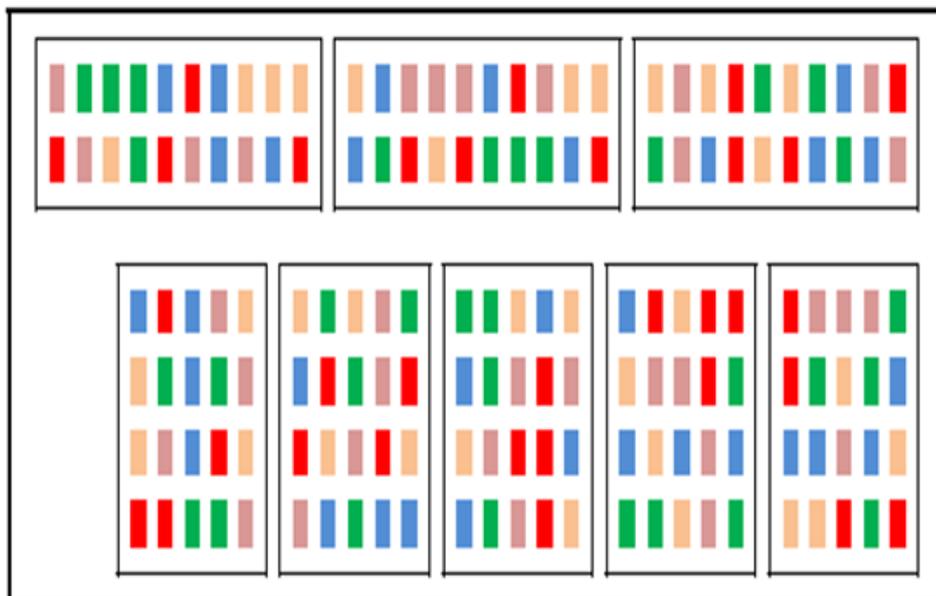
3.3 Delineamento experimental e composições dos tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro tratamentos na parcela e cinco tratamentos na subparcela, com quatro repetições.

Nas parcelas foram distribuídos os níveis de salinidade da água de irrigação, a saber: S1, nível de salinidade de 1,5 dS m⁻¹; S2, nível de salinidade de 3,0 dS m⁻¹; S3, nível de salinidade de 4,5 dS m⁻¹; S4, nível de salinidade de 6,0 dS m⁻¹. Já nas subparcelas foram distribuídos os níveis de irrigação 50; 75; 100; 125 e 150% da evaporação do tanque classe A

O experimento foi constituído por 80 unidades experimentais, com duas plantas por tratamento, totalizando 160 plantas, sendo conduzido por período de 92 dias após a germinação, DAG. Os vasos foram distribuídos em fileira simples, espaçados de 0,50 m entre plantas e 1,00 m entre fileira (Figura 2).

Figura 2- Croqui da área experimental. Fortaleza, Ceará, 2016





Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 Caracterização do material e descrição das unidades experimentais

O solo utilizado para enchimento dos vasos foi um Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 1999), proveniente da Fazenda Experimental Vale do Curu, pertencente a Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Pentecoste, Ce. O solo foi coletado na camada de 0-30 cm (horizonte A), sem problemas de salinidade. Alguns atributos físicos e químicos do solo foram determinados no Laboratório de Química e Fertilidade, da Universidade Federal do Ceará, através das metodologias propostas por Richards (1954) e pela EMBRAPA (1997), a saber: Classificação textural – Franco Arenosa; densidade do solo – $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$; pH (água) – 7,8; Condutividade elétrica – $1,26 \text{ dS m}^{-1}$; Percentagem de sódio trocável – 6,0%, Fósforo P – $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$; complexo sortivo Ca^{2+} ; Mg^{2+} , K^+ e Na^+ – 3,60; 4,10; 0,10 e $0,55 \text{ cmolc kg}^{-1}$, respectivamente.

As unidades experimentais foram compostas de 160 vasos plásticos com dimensões de 36,5 cm de altura, 30 cm de diâmetro superior e 19 cm de diâmetro inferior, com capacidade para 20 L. Os vasos foram perfurados na base inferior para facilitar a drenagem da água. Os vasos foram preenchidos com uma camada de 450 g de brita nº 1, uma manta TNT e sobre a manta foram distribuídos 18 kg do solo Neossolos Flúvicos destorroado (Figura 3).

Figura 3- Vasos distribuídos no experimento. Fortaleza, Ceará, 2016



Fonte: foto tirada pelo autor.

3.5 Preparo da água de irrigação (água salobra)

A água salobra utilizada no experimento foi preparada usando quantidades diferentes dos sais cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), usando a água que abastece a casa de vegetação que tinha uma condutividade elétrica de $0,86 \text{ dS m}^{-1}$.

A quantidade de cloreto de sódio (Q NaCl) utilizado no preparo da água foi determinada levando-se em consideração a condutividade elétrica inicial da água, conforme a equação 1 (Richards, 1954):

$$Q \text{ NaCl (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times (\text{CEa d} - \text{CEa i}) \quad \text{Eq.1}$$

sendo, CEa d - condutividade elétrica da água desejada, em dS m^{-1} ; CEa i – condutividade elétrica da água usada para obter as águas desejadas, em dS m^{-1} . No caso CEa i = $0,86 \text{ dS m}^{-1}$.

As águas salobras preparadas foram armazenadas em baldes com capacidade de 100 L para cada nível de salinidade, protegidos com uma tampa para evitar a evaporação e a contaminação com matérias de origem animal ou vegetal externos.

3.6 Manejo de irrigação

O experimento foi irrigado diariamente com uma lâmina de água equivalente a 100% da evaporação no tanque Classe A da semeadura até aos 10 dias após a semeadura DAS, quando se deu início a imposição dos tratamentos de lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água de irrigação.

Após a imposição dos tratamentos, o intervalo entre irrigação passou a ser dois dias consecutivos sendo a lâmina de irrigação correspondente ao tratamento imposto.

O cálculo das lâminas de irrigação foi com base na evaporação no tanque Classe A, medida de uma série histórica de 30 anos obtida na estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, levando em consideração os níveis de irrigações de 50; 75; 100; 125 e 150% da ECA.

O volume de água aplicado em cada vaso foi calculado em função da área do vaso ($706,5 \text{ cm}^2$) e da lâmina correspondente a cada nível de irrigação adotado nos tratamentos. Este volume foi medido em proveta graduada em mL.

3.7 Adubação

Na adubação de fundação utilizou-se a quantidade recomendada por NOVAIS *et al.* (1991) para experimentos em casa de vegetação, sendo uma aplicação única de 8,5 g por vaso de 20-10-20 NPK (20 % de N, 10 % de P₂O₅ e 20 % de K₂O), sendo aplicado a profundidade de 3 cm. Este procedimento foi adotado como forma de melhor se disponibilizar N, P e K para as plantas.

3.8 Tratos culturais

Durante o ciclo da cultura foi realizada, sempre que necessária limpeza dos vasos de forma manual, eliminando as plantas infestantes, a fim de evitar a concorrência das mesmas com a cultura por água e nutrientes. Foi procedido também todos os tratamentos fitossanitários necessários, seguindo as recomendações sugeridas por LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, (2005).

3.9 Colheita e beneficiamento

A colheita foi efetuada manualmente, utilizando-se de tesoura de poda e de sacos plásticos, seguindo as recomendações de SILVA *et al.* (2007). Depois de colhidos, os capítulos foram separados por tratamento e bloco, e em seguida foram devidamente identificados e colocados para completar o processo de secagem.

Após a secagem, foi procedido o beneficiamento dos capítulos de forma manual.

3.10 Variáveis analisadas

Variáveis biométricas

- Altura de plantas

Aos 90 dias após o início dos tratamentos, com o auxílio de uma trena métrica graduada em centímetros, foi mensurada a altura de todas as plantas, desde o nível do solo até a altura da inserção do capítulo (Figura 4).

Figura 4 – Avaliação da altura das plantas de girassol. Fortaleza, Ceará, 2016



Fonte: foto tirada pelo autor.

- Número de folhas por planta

Foi avaliado o número de folhas totalmente abertas por planta emitidas. As avaliações foram realizadas aos 90 dias após o início dos tratamentos. O número de folhas foi obtido pela contagem a partir da base da planta até o ápice.

- Diâmetro externo do capítulo

Após a colheita, foi mensurada à distância de uma extremidade à outra do capítulo, com o auxílio de uma régua graduada. O valor que foi expresso em centímetros.

- Diâmetro do caule

Com o auxílio de um paquímetro, aos 90 dias após o início dos tratamentos, foi mensurado o diâmetro basal do caule das plantas de cada tratamento a uma altura de aproximadamente 5 cm da superfície do solo. O valor foi expresso em milímetros (Figura 5).

Figura 5 – Avaliação do diâmetro do caule das plantas de girassol. Fortaleza, Ceará, 2016



Fonte: foto tirada pelo autor.

- Área foliar

A área foliar foi estimada aos 90 dias após o início dos tratamentos salinos, com base na dimensão de largura perpendicular ao alinhamento da nervura central, mensurada com uma régua, de todas as folhas vivas de dois blocos contabilizando o total de quarenta plantas na área útil do experimento, adotando o modelo proposto por MALDANER *et al.*, (2009), conforme a equação 2.

$$AF = 1,7582L^{1,7067} \quad \text{Eq.2}$$

em que,

AF - Área foliar da folha (cm²);

L - Largura máxima da folha (cm).

A área foliar totalizada por planta, expressa em cm² planta⁻¹ foi obtida por meio do somatório de cada respectiva área foliar isoladamente (Figura 6).

Figura 6 – Avaliação da área foliar das plantas de girassol. Fortaleza, Ceará, 2016



Fonte: foto tirada pelo autor.

- Fitomassa

As coletas das plantas para as avaliações da produção de fitomassa da parte aérea foram realizadas ao término do experimento. As plantas foram coletadas rente ao solo. Após

as coletas, as plantas foram separadas em: parte vegetativa (caules, folhas e pecíolos) e em parte reprodutiva (capítulos). Em seguida, os diferentes órgãos foram pesados para quantificação da fitomassa fresca. Na sequência, as diferentes partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e foram colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçado, mantendo-se a temperatura na faixa de 65° a 70°C. O tempo de secagem foi determinado por pesagens das amostras até a manutenção de peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança analítica para aferição da fitomassa seca acumulada em cada parte vegetal, e os valores foram expressos em gramas.

- Partição de fitomassa

Como a produção de fitomassa seca de cada constituinte da parte aérea foi obtida separadamente, foi possível determinar a participação percentual de cada um deles em relação à total, conforme o método proposto por BENINCASA (1988).

- Teor de proteína

Para a determinação do teor de proteína dos aquênios de girassol, também foram tomadas amostras de aquênios de cada unidade experimental, as quais foram identificadas e acondicionadas em sacos de papel, para em seguida ser encaminhada ao Laboratório de Química e Nutrição de Planta do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará (UFC), onde se determinará o teor de nitrogênio dos aquênios em base de massa seca, usando-se o procedimento Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita por Silva; Queiroz (2004), e os teores de proteína foram obtidos por meio do produto do teor de nitrogênio pelo fator 6,25.

- Trocas gasosas

Foram realizadas medições da temperatura foliar e das taxas de fotossíntese, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO₂ em folhas totalmente expandidas, aos 90 dias após o início dos tratamentos salinos, utilizando-se o analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo Li – 6400XT (Portable Photosynthesis System - LI) da LICOR®, que infere o diferencial entre CO₂ e H₂O em um fluxo de ar que passa pela

câmara onde está a unidade foliar. As medições foram realizadas sempre no período da manhã, entre 9: 00 e 11: 00 h em condições ambiente de temperatura e umidade relativa do ar.

A intensidade luminosa utilizada nas medições de trocas gasosas foi de $1.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Com os dados de trocas gasosas foram determinadas a eficiência instantânea de uso da água, calculada pela razão entre fotossíntese e transpiração, e a eficiência intrínseca de uso da água, calculada pela razão entre fotossíntese e condutância estomática.

Figura 07- Avaliação das trocas gasosas foliares. Fortaleza, Ceará, 2016



Fonte: foto tirada pelo autor.

- Teores de nutrientes da parte aérea

As amostras da parte aérea (caules, folhas, pecíolos e capítulo) foram secas em estufa, moídas em moinho do tipo Willey e peneiradas em malha de 20 mesh. Na sequência, os extrato da solução ácida diluída foi obtido da adição de 25 mL de HCl na concentração de $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ em 500 mg ($\pm 0,1 \text{ mg}$) de matéria seca, seguida de aquecimento por 30 min em banho-maria a 80°C , com posterior agitação por 20 min e filtragem em papel-filtro quantitativo de filtração rápida e os extratos foram utilizados para determinação dos K, Na, Ca e Cl foram feito por fotometria de chama, conforme a metodologia descrita por MIYAZAWA *et al.* (1984). E o teor de proteína, onde se determinará o teor de nitrogênio da parte aérea em base de massa seca, usando-se o procedimento Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita por Silva; Queiroz (2004), e os teores de proteína foram obtidos por meio do produto do teor de nitrogênio pelo fator 6,25.

3.11 Análise estatística

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os mesmos foram submetidos ao estudo de regressão, buscando-se ajustar equações com significados biológicos que melhor se ajustasse aos dados do experimento, tendo em vista os modelos matemáticos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste "t", no coeficiente de determinação e no fenômeno estudado. As análises estatísticas foram realizadas com o software Assistat 7.0 beta, auxiliado pelo software Microsoft Excel 2010.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Altura da planta final, número de folha final, diâmetro do caule final e diâmetro do capítulo.

Os resultados da análise de variância, ANOVA, apresentados na Tabela 1 indicam que as variáveis altura da planta e diâmetro do capítulo não foi influenciada significativamente pela salinidade e déficit hídrico ($p \leq 0,05$ ou $p \leq 0,01$). Já o diâmetro do caule final apresentou uma influência significativa pelo déficit hídrico ($p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$), como observado houve uma influência significativa na interação salinidade e diferente lamina de irrigação no número de folha final ($p \leq 0,05$).

TABELA 1 - Resumo das análises de variâncias para os dados da altura de planta final (APF), número de folha final (NFF), diâmetro do caule final (DCF) e diâmetro do capítulo (DC), do girassol cultivar BRS 323 cultivada sobre níveis de salinidade e déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016

| Fonte Variância | GL | Valor F | | | |
|-----------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | APF | NFF | DCF | DC |
| LÂMINA | 4 | 2,423 ^{ns} | 0,308 ^{ns} | 8,753** | 2,016 ^{ns} |
| SAL | 3 | 1,437 ^{ns} | 0,937 ^{ns} | 0,013 ^{ns} | 1,850 ^{ns} |
| BLOCO | 3 | 1,769 ^{ns} | 3,317* | 0,902 ^{ns} | 2,043 ^{ns} |
| LÂMINA*SAL | 12 | 1,310 ^{ns} | 2,242* | 1,037 ^{ns} | 1,454 ^{ns} |
| Total | 79 | | | | |
| CV (%) | | 19,08 | 17,16 | 9,31 | 19,69 |

G.L.: grau de liberdade, C.V.: coeficientes de variação, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade, ^{ns} não significativo pelo teste F.

A influência não significativa da altura das plantas em função do aumento da lâmina de irrigação contradiz com Silva *et al* (2007), que, avaliando o girassol sob diferentes laminas de irrigação (testemunha; 117,20; 350,84; 428,70 e 522,14 mm) observaram efeito significativo no aumento da disponibilidade hídrica sobre a altura da planta, sendo 522,14 mm a lâmina que proporcionou a maior altura da planta (1,51 m).

Resultado semelhante foi encontrado por Morais *et al.* (2010). O crescimento do girassol não foi influenciado pela irrigação com água salina, independentemente da fase de desenvolvimento da cultura. Segundo os autores a ausência de efeito significativo entre os tratamentos demonstrou que a cultura do girassol tolerou salinidade alta da água de irrigação,

indicando que ela pode ser irrigada com água de CE de até $3,53 \text{ dS m}^{-1}$, durante todo o ciclo, sem prejuízos ao crescimento das plantas.

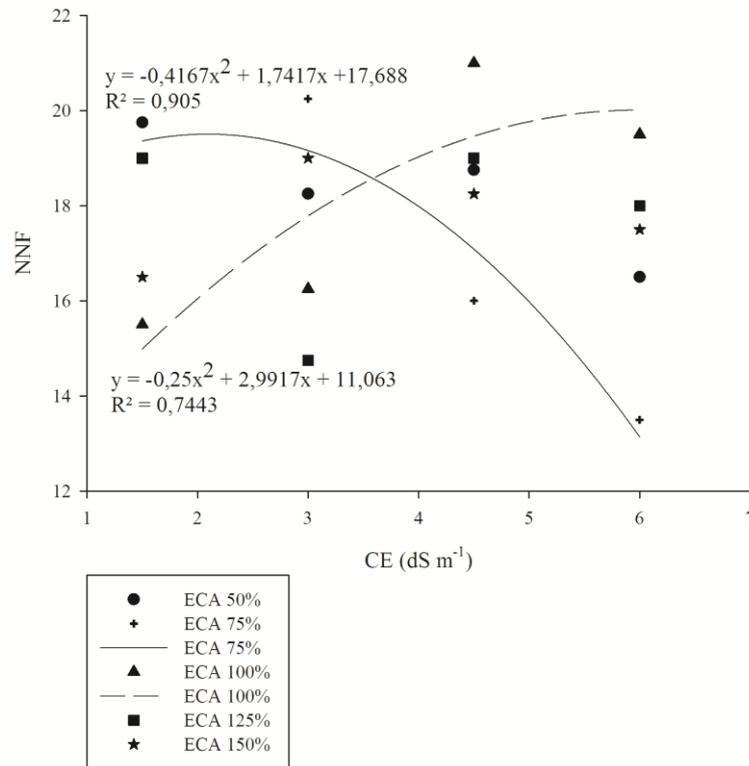
Já Oliveira *et al.* (2011) avaliando a produtividade de algumas cultivares de girassol observou uma altura do híbrido BRS 323 de 142 cm em média, enquanto que, o presente estudo alcançou média de 69,7 cm.

Flowers (2004) ressalta que a inibição do crescimento de plantas sob estresse salino pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, além da possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, em função da acumulação em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais.

Guedes Filho *et al.* (2013) avaliando o crescimento de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122 V-2000, submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação e a doses de nitrogênio, o fator salinidade da água de irrigação na altura de plantas aos 45; 60 e 75 DAE (dias após emergência) foram significativos ($p < 0,05$), contradizendo o encontrado no presente trabalho que não foi significativo para nenhum fator, como sua interação.

A figura 8 ilustra o comportamento dos valores para a variável número de folha em função da salinidade (CE) e laminas de irrigação (% ECA) e seu respectivo modelo matemático.

Figura 8 - Número de folha final - NFF da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos níveis de salinidade e déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(*), significativo a 5% de probabilidade, pelo teste "t" .

Fonte: elaborado pelo autor.

As maiores médias de número de folhas por planta com valor de aproximadamente 21 folhas, foram obtidas com o uso da lâmina referente a 100 % ECA, diferenciando-se estatisticamente dos resultados obtidos das outras (% ECA), cujos valores médios se situaram em torno de 18 folhas planta⁻¹.

Os resultados do presente estudo demonstraram a ocorrência de efeitos da interação lâmina e sal para a variável número de folha, porém, esses efeitos foram notados apenas para os tratamentos em que se utilizaram águas de salinidade acima de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Isso demonstra a eficiência das estratégias de irrigação com água salina utilizada no presente estudo sendo uma alternativa de manejo para áreas de carência hídrica.

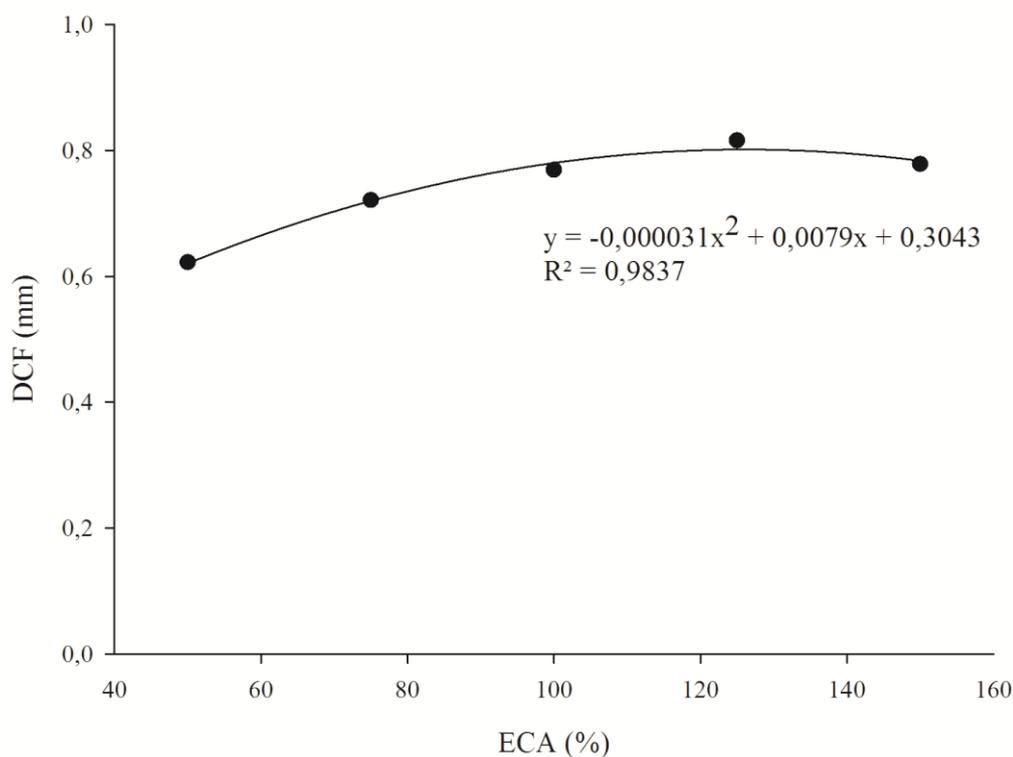
A ausência de influência das diferentes lâminas de irrigação na variável número de folhas se deve ao fato de que na cultura do girassol o número de folhas é definido muito cedo, entre 10 a 20 dias após a emergência, no período de diferenciação foliar (MERRIEN, 1992).

Como no período de instalação e estabelecimento da cultura, isto é, até os primeiros dez dias após emergência todos os tratamentos receberam a mesma lâmina de irrigação, 100% da ECA, na procura de uniformizar o estande, quando foram iniciadas as diferenciações dos tratamentos, é provável que o número de folhas já tenha sido previamente definido.

Segundo Oliveira *et al.* (2010), o número de folhas por planta do girassol reduziu linearmente com o aumento da salinidade da água utilizada na irrigação. Comparando-se os valores obtidos no maior nível salino ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) com os encontrados na água de menor salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), verifica-se redução em cerca de 27,7% no número de folhas, já no presente trabalho encontramos uma redução de 28,57% do maior nível de salinidade ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) ao menor ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$). Com o estresse salino, é normal ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, e isso é observado na redução da transpiração como alternativa para manter a baixa absorção de água salina; uma dessas adaptações é a redução do número de folhas.

A figura 9 explica o comportamento do valor do diâmetro do caule em função da variação da lâmina de irrigação e seu respectivo modelo matemático. Como se pode observar na figura o diâmetro foi crescente em relação a lâmina de irrigação, isto é, quanto maior foram os níveis da lâmina de irrigação, maiores foram os valores encontrados no diâmetro do caule, alcançando o maior diâmetro com o uso de água de reposição da (% ECA) de 125 %.

Figura 09 - Diâmetro do caule final - DCF (cm) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta níveis ao déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(**), significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t" .

Fonte: elaborado pelo autor.

O diâmetro do caule é uma das características mais importante no girassol, pois facilita seu manejo, tratos e colheita (BISCARO *et al.*, 2008).

Silva *et al.* (2005) trabalhando com o girassol atribuíram à ausência de efeito significativo da disponibilidade hídrica do solo sobre o diâmetro do caule devido à sua própria estrutura, que funciona como verdadeiros drenos de água e nutrientes para as folhas e os capítulos. Contradizendo os dados encontrados na presente pesquisa, em que o diâmetro do caule aumentou de forma linear em função da disponibilidade hídrica com efeito significativo ($p < 0,01$).

No presente trabalho não foi observado efeito significativo para a variável diâmetro capítulo, já os autores Santos Júnior *et al.* (2011) que estudando o cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade encontraram efeito significativo da salinidade para a variável diâmetro do capítulo, contradizendo o resultado encontrado no

presente trabalho que não foi significativo para a variável salinidade. Os autores afirmaram ainda, que o diâmetro do capítulo, está diretamente relacionado à produção de aquênios, verificando um decréscimo de 6,6% por incremento unitário da CE, sendo que o decréscimo da produção se torna mais brusco a partir salinidade 6 dS m^{-1} , um nível salino bastante elevado se considerar condições de cultivo em solo. Sendo, que no presente trabalho não houve resposta significativa aos tratamentos de salinidade com o déficit hídrico.

Já Castro e Farias (2005), ao estudar as variações no diâmetro do capítulo, verificaram que suas características são inerentes a cada genótipo, ou seja, sua carga genética é que define as variações no diâmetro do capítulo, sendo uma possível explicação para a resposta não significativa aos tratamentos de salinidade e déficit hídrico.

Embora Silva *et al.* (2011) tenham observado incrementos do diâmetro do capítulo com aumento da disponibilidade hídrica, até a lâmina de 355,80 mm, os autores não observaram diferença estatística entre os diâmetros dos capítulos.

O que também foi observado por Silva *et al.* (2007) norteia que apenas a variação de um dos fatores de produção, como a água, pode não ser suficiente para a obtenção de uma variação expressiva na planta, já que outros fatores, como nutrientes, salinidade e clima, estão em equilíbrio, leva a supressão da resposta da planta a variação do fator de produção por esse equilíbrio, sendo confirmado essa afirmativa pelo presente trabalho, pois alguns fatores como; salinidade e luminosidade não foram controlado de forma uniforme (houve muito ataque de pragas e doenças, e sombreamento em algumas plantas), levando a uma não diferença estatística no diâmetro do capítulo.

Já Nobre *et al.* (2010) afirmam que o diâmetro do capítulo, mostra-se altamente sensível, sendo a variável que melhor expressa os efeitos da salinidade da água sobre o girassol, em seu experimento observaram, avaliando o desempenho do girassol em casa de vegetação sob lâminas de irrigação, incrementos lineares no diâmetro do capítulo com o favorecimento da disponibilidade hídrica (40, 60, 80, 100 e 120% do balanço hídrico).

4.2 Área foliar final, produção de fitomassa e teor de proteína.

A ANOVA apresentada na Tabela 2 mostra que as variáveis área foliar e teor de proteína da semente da cultura do girassol não foram influenciadas pelos tratamentos. Por outro lado, a massa seca da fitomassa (MSF) foi significativa para lâmina a ($P \leq 0,01$) e na interação lâmina e sal para ($P \leq 0,05$), sendo que massa seca da partição da parte aérea

(MSPPA) foi significativa ($P \leq 0,01$) para lâmina, já a variável massa seca da partição do capítulo (MSPC) foi significativo para sal ($P \leq 0,05$).

TABELA 2 - Resumo das análise de variâncias para os dados da área foliar final (AFF), massa seca de fitomassa (MSF), massa seca da partição da parte aérea (MSPPA), massa seca da partição do capítulo (MSPC), teor de proteína da semente (TPS), de girassol cultivar BRS 323 cultivada sobre vários níveis de salinidade e déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016

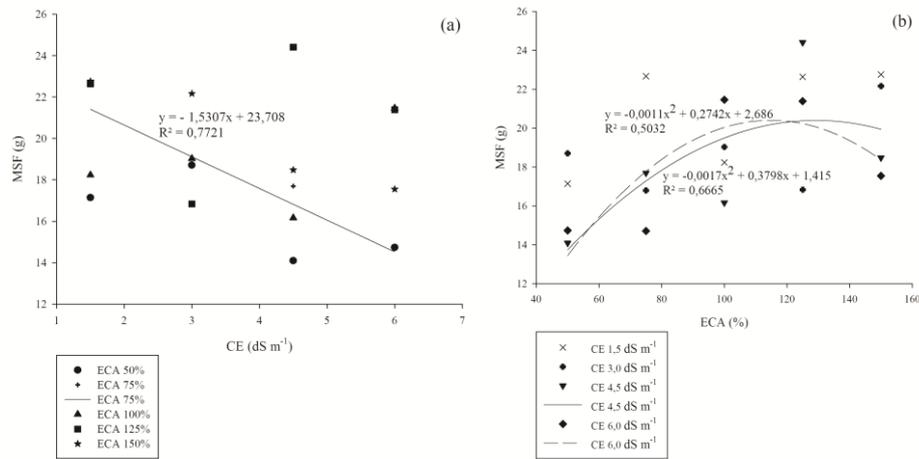
| Fonte Variância | GL | Valor F | | | | |
|-----------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | AFF | MSF | MSPPA | MSPC | TPS |
| LÂMINA | 4 | 1,472 ^{ns} | 4,137** | 7,439** | 0,321 ^{ns} | 1,958 ^{ns} |
| SAL | 3 | 0,933 ^{ns} | 1,996 ^{ns} | 0,446 ^{ns} | 3,737* | 0,582 ^{ns} |
| BLOCO | 3 | 0,514 ^{ns} | 1,646 ^{ns} | 1,502 ^{ns} | 0,708 ^{ns} | 2,692 ^{ns} |
| LÂMINA*SAL | 12 | 0,594 ^{ns} | 1,959* | 1,750 ^{ns} | 1,313 ^{ns} | 1,101 ^{ns} |
| Total | 79 | | | | | |
| CV (%) | | 21,27 | 20,83 | 20,11 | 38,62 | 17,82 |

G.L.: grau de liberdade, C.V.: coeficientes de variação, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade, ^{ns} não significativo pelo teste F.

De acordo com os resultados do teste F (tabela 2), a área foliar final do girassol e o teor de proteína da semente não variaram ($p \leq 0,01$ e/ou $p \leq 0,05$) em função dos diferentes níveis de salinidade, da lâmina de irrigação e sua interação. Os autores Nobre *et al.* (2011) avaliando produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada encontraram, com o aumento da salinidade da água de irrigação uma resposta linear decrescente da área foliar, porém, os autores concluíram que a área foliar do girassol não foi influenciada significativamente pela CE na fase inicial de crescimento, significando ser a cultura mais tolerante aos efeitos salinos nos estádios iniciais do desenvolvimento. Já os autores Taiz; Zeiger, (2006) em seus estudos sobre o comportamento do girassol ao estresse salino verificaram uma ausência de efeito significativo no teor de proteína da semente, acordando com os mesmos resultados encontrados no presente estudo, e que não foi influenciado significativamente pelo teor de proteína da semente nem pela variação da lâmina, salinidade como sua interação.

A salinidade da água de irrigação prejudica mais a área foliar de girassol, do que a produção de biomassa da parte aérea da planta (NIVAS; GOIKWAD; CHAVAN 2011). A partir, dos dados do presente experimento, observa que distintos órgãos de uma mesma planta podem responder diferenciadamente aos efeitos negativos da salinidade da água ou do solo.

Figura 10 - Massa seca da fitomassa - MSF (g) da planta girassol cultivar BRS 323, em resposta ao déficit hídrico (a), e as combinações níveis de salinidade e déficit hídrico (b), aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(a) (**), significativo a 1 % de probabilidade, (b) (*), significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste "t".

Fonte: elaborado pelo autor.

O modelo linear indicou um decréscimo para massa seca da fitomassa (Figura 10a) de 37,1%, ou seja, 5,86% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, isto é, uma redução da massa seca da fitomassa de 6,9 g nas plantas irrigadas com água de 6,0 dS m⁻¹, em relação às plantas irrigadas com água de 1,5 dS m⁻¹. Já o modelo quadrático mostrou um acréscimo na massa seca da fitomassa (figura 10b) em relação a combinação lâmina e salinidade.

A adição crescente da salinidade nas lâminas de irrigação resultou em uma redução no metabolismo vegetal, levando a uma redução na produção de fitomassa. Segundo Asch *et al.* (2000), a água de irrigação ou solo contendo concentração salina elevada, ocasionada principalmente pela presença de íons Na⁺ e Cl⁻, pode causar rompimento na homeostase do potencial de água e instabilidade iônico na interfase solo planta e promover toxidez no vegetal, alterando seu crescimento e a produção de matéria seca, além de promover redução na absorção de nutrientes.

Silva *et al.* (2009), trabalhando com girassol em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação, observaram que quando aumentaram a condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva, reduziu, significativamente o acúmulo de fitomassa seca total das plantas entre as condutividades elétricas de 3,5 e 6,5 dS m⁻¹ dos 42 a 70 DAS.

O efeito do estresse salino e déficit hídrico é constatado no presente trabalho ao observar o fato do florescimento e enchimento dos grãos ter sido extremamente inferior aos encontrados nos aspectos gerais da cultura (EMBRAPA, 2014), em que o peso de mil aquênios varia de 60 a 75 g, o apresentado no experimento foi de média de 30,62 g por tratamento impossibilitando fazer a análise estatística da produtividade. Castro *et al.* (2006) constataram, em estudo com a cultura do girassol, que o déficit hídrico ocorrido principalmente durante o início do florescimento e enchimento dos grãos promoveu decréscimo na massa de matéria seca total de aquênios e de óleo.

Constatou-se efeito significativo do fator déficit hídrico ($p < 0,05$) para níveis de salinidade (figura 10b). Diferentemente das variáveis APF, DEC, DCF e AFF, que não apresentaram diferença significativa para as combinações dos níveis salinos e déficit hídrico.

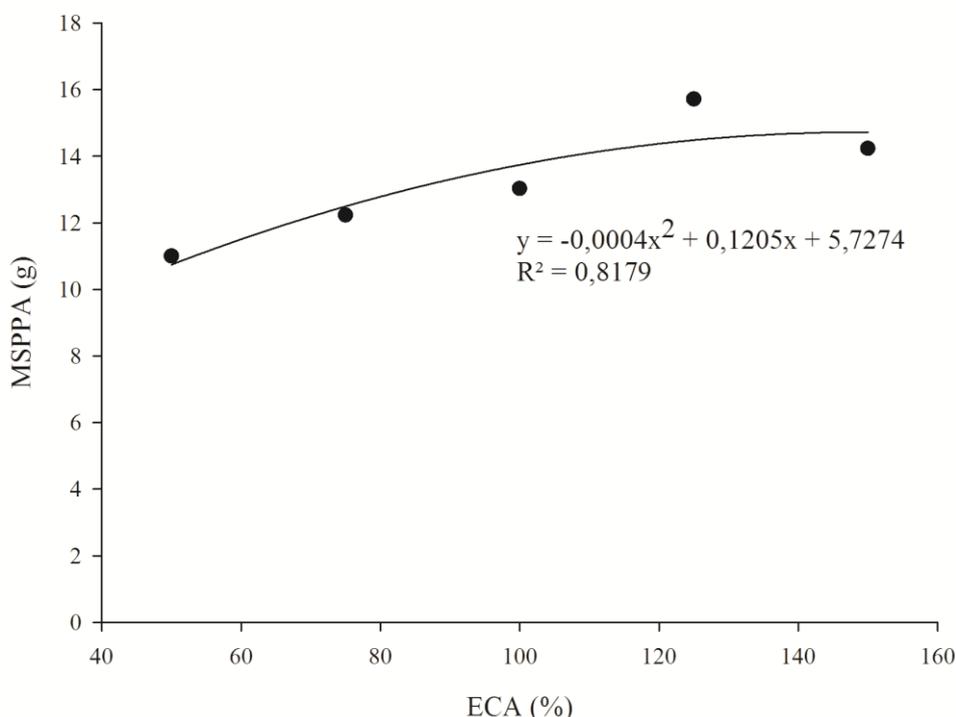
Nobre *et al.* (2010) avaliando a fitomassa seca do girassol cv. Embrapa 122/V-2000 averiguaram que são afetados linear e negativamente pela salinidade da água a partir de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Segundo Tester; Davenport (2003), a redução do potencial osmótico da solução do solo provocada pelo sal, dificulta a entrada de água nas células da planta e conseqüentemente prejudica o desempenho da cultura.

Morais *et al.* (2011), estudando a influência da irrigação com água salina na cultura do girassol, observaram que a cultura do girassol se mostrou tolerante à salinidade da água de irrigação, indicando que ela pode ser irrigada com água de CE de até $3,53 \text{ dS m}^{-1}$ durante todo o ciclo e a tolerância a salinidade não dependeu da fase de desenvolvimento.

Pode-se observar na massa seca da partição da parte aérea MSPPA uma resposta crescente com o uso de água de reposição da (% ECA) de 125 %, depois um leve declínio (figura 11).

Figura 11 - Massa seca da partição da parte aérea MSPPA (g) da planta girassol cultivar BRS 323, em resposta ao diferente déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(**), significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste "t"

Fonte: elaborado pelo autor.

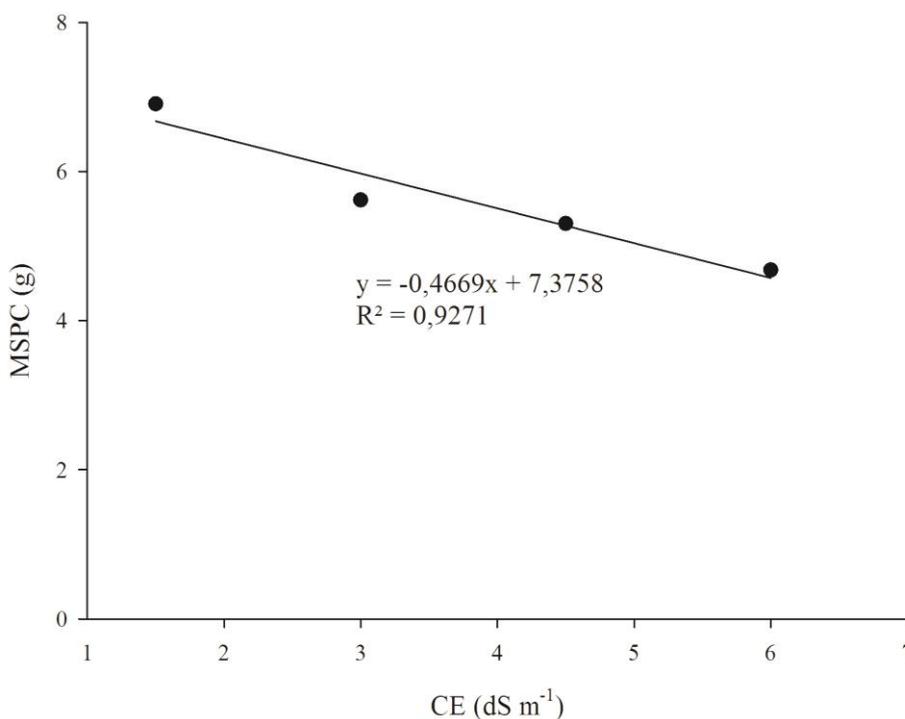
Na Figura 11 observa-se uma equação de regressão crescente da massa seca da partição da parte aérea, sendo que para a lâmina de água de 50% ECA a MSPPA foi de 10,87 g, enquanto que para a lâmina de água de 150% ECA foi de 15,65 g, isto indica um acréscimo de 69,46% na massa seca da partição da parte aérea, ou seja, que ocorreu uma elevação de 12,62% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CE). Este comportamento da massa seca da partição da parte aérea 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 (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Travassos *et al.* (2011), trabalhando com girassol em casa de vegetação irrigado com águas de condutividades elétricas de 0,5 a 5,0 dS m⁻¹, verificaram que a produção de fitomassa da parte aérea decresceu em 13,56 % por incremento unitário da CE da água de irrigação.

Carneiro *et al.* (2011), avaliando o estresse hídrico e salino em plântulas de girassol, observaram que o estresse salino foi mais severo sob potencial de $-0,8$ MPa reduzindo o crescimento e a capacidade antioxidante das plântulas e conseqüentemente afetando sua produção (MSPPA), o que confere menor tolerância ao estresse salino.

A figura 12 explica o comportamento da massa seca da partição do capítulo MSPC em relação aos vários níveis de salinidade, observa-se uma resposta linear decrescente.

Figura 12 - Massa seca da partição do capítulo - MSPC (g.) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos vários níveis de salinidade, aos 90 dias após a germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(*), significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste "t"

Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se que a equação de regressão se adequou a um modelo linear decrescente, sendo que para a salinidade da água de $1,5$ dS m⁻¹ a fitomassa do capítulo foi de $6,7$ g, enquanto que para a salinidade da água de $6,0$ dS m⁻¹ a massa seca da partição do capítulo baixou para $4,6$ g, o que indica que houve uma diminuição de $31,34\%$, ou seja, ocorreu um decréscimo de $6,28\%$ por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CE), esta redução pode estar intimamente ligada aos efeitos da salinização sobre as plantas

que implicam em perda de produtividade e de qualidade, ou perda total da produção, causados pela concentração de sais solúveis ou salinidade que é fator limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas.

Ayers, e Westcot (1999), ao afirmarem que a diminuição do potencial osmótico do meio atua de forma negativa sobre o processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular e, como consequência, causando redução no crescimento e no desenvolvimento do capítulo, além de que uma das explicações mais aceitas para a inibição do crescimento devido à salinidade do solo, é o desvio de energia do crescimento para a adaptação ao estresse, isto é, a redução na matéria seca, refletindo o custo metabólico de energia, associado à adaptação a salinidade e redução no ganho de carbono (RICHARDSON; MCCREE, 1985; AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000).

4.3 Teores de nutrientes da parte aérea.

O teor de cloro (Cl^-) apresentou significância para o tratamento lâmina ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$) para o tratamento sal, já as variáveis cálcio (Ca^+) e potássio (K^+) apresentaram influência significativo ($p \leq 0,05$) e sódio (Na^+) ($p \leq 0,01$) para o tratamento sal. Entretanto, a variável teor de proteína da parte aérea (TPPA) não foi influenciada pelos os tratamentos, tal como sua interação (tabela 3).

TABELA 3 - Resumo das análise de variâncias para os dados, cálcio (Ca^+), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloro (Cl^-), teor de proteína da parte aérea (TPPA), de girassol cultivar BRS 323 cultivada sobre vários níveis de salinidade e déficit hídrico, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016

| Fonte Variância | GL | Valor F | | | | |
|-----------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Ca | K | Na | Cl | TPPA |
| LÂMINA | 4 | 1,439 ^{ns} | 2,212 ^{ns} | 1,722 ^{ns} | 2,738* | 1,029 ^{ns} |
| SAL | 3 | 4,080* | 3,298* | 7,432** | 7,996** | 0,54 ^{ns} |
| BLOCO | 3 | 3,499* | 4,348* | 1,910 ^{ns} | 0,687 ^{ns} | 10,527** |
| LÂMINA*SAL | 12 | 0,786 ^{ns} | 1,068 ^{ns} | 0,750 ^{ns} | 0,853 ^{ns} | 0,854 ^{ns} |
| Total | 79 | | | | | |
| CV (%) | | 19,37 | 13,93 | 37,24 | 19,75 | 13,48 |

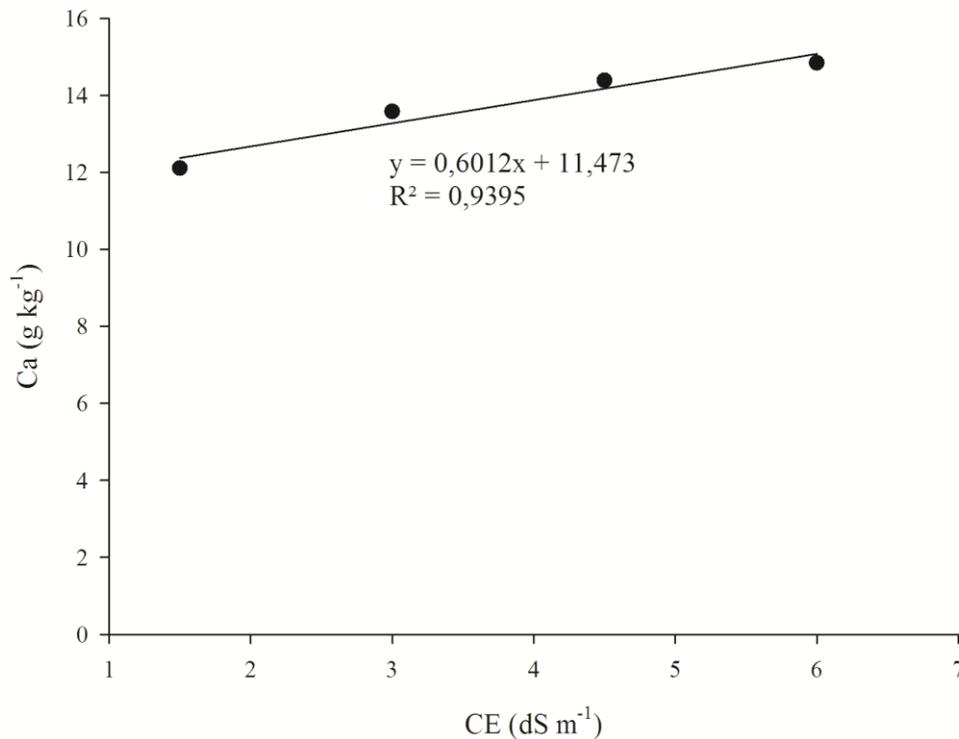
G.L.: grau de liberdade, C.V.: coeficientes de variação, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade, ^{ns} não significativo pelo o teste F.

As plantas, de um modo geral, tanto glicófitas quanto halófitas, não podem tolerar grandes quantidades de sal no citoplasma e, por isso ocorrem em lugares com baixas concentrações de íons (GORHAM *et al.*, 1981). A entrada e compartimentalização dos íons são decisivas não somente para o desenvolvimento da planta, mas também para sua sobrevivência no ambiente salino (ADAMS *et al.* 1992), devido aos distúrbios suscitados pela salinidade na homeostase. Estes organismos restringem o excesso de íons nos vacúolos facilitando suas funções metabólicas (ZHU, 2003).

Nesse contexto analisando a ANOVA (tabela 3), percebe que o N^+ , K^+ e Ca^{2+} foram os elementos que apresentaram valores significativos na variável sal; o Cl^- destacou-se por apresentar o maior valor entre os demais tanto para a variável lâmina e sal.

Na figura 13 tem-se o comportamento no teor de Ca^+ ($g.kg^{-1}$) em relação aos vários níveis de salinidade que evidenciou efeito significativo para os vários níveis de salinidade (CE), e se observa uma resposta linear crescente em que o aumento da salinidade proporcionou um aumento no teor de Ca^+ ($g.kg^{-1}$).

Figura 13 - Teor de Cálcio - Ca (g kg^{-1}) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos vários níveis de salinidade, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(*), significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste "t"

Fonte: elaborado pelo autor.

Ressalta-se na equação de regressão linear crescente do teor de Ca^+ , que para a salinidade da água de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ o teor de Ca^+ foi de $12,38 \text{ g}$, enquanto que para a salinidade da água de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi de $15,08 \text{ g}$, isto indica um acréscimo de $17,91\%$ no teor de Ca^+ , ou seja, que ocorreu um acréscimo de $3,25\%$ por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CE).

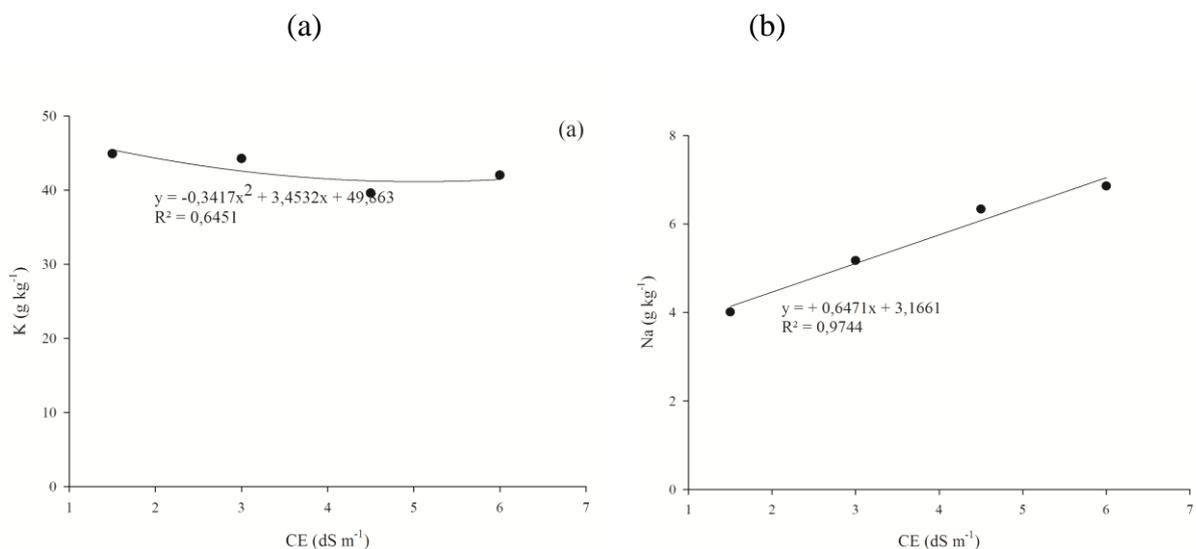
O Ca^{+2} possui papel estrutural e regulador no metabolismo de plantas (KIEGLE *et al.*, 2000). Normalmente, atua como mensageiro secundário ativando uma proteína chamada calmodulina, que por sua vez ativa uma série de enzimas (ZHU, 2002). Assim, o resultado do aumento de Ca^{+2} leva a transdução de sinais, que resulta em uma adaptação a salinidade (MENDOZA *et al.*, 1994; KNIGHT *et al.*, 1997), gerando um melhor manejo na eliminação e acúmulo de íons, reduzindo seus efeitos tóxicos (LIU; ZHU, 1997). No entanto, apesar de ser um íon essencial para as plantas, o Ca^{+2} necessita ser conservado em baixas concentrações no

citoplasma, pois é um sinalizador celular. Logo, o excesso de Ca^{+2} citosólico é controlado através de transporte apoplástico para compartimentos intercelulares (KNIGHT *et al.*, 1997).

Moreira 2012, averiguando a regulação dos íons e seu efeito nas plantas, observou um desempenho parecido ao presente estudo, quando verificou desempenho do Ca^{+} referente ao estresse salino.

Nota-se uma equação de regressão quadrática decrescente do teor de potássio K^{+} (figura 14a), para o tratamento salinidade onde a água com $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ o teor de K^{+} foi de $45,12 \text{ g}$, enquanto que para a salinidade da água de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi de $42,71 \text{ g}$, isto indica um decréscimo de $5,34\%$ no do teor de Ca^{+} , ou seja, que ocorreu uma redução de $1,07\%$ por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CE). Já a equação linear crescente do teor de Na^{+} (figura 14b), para a o tratamento salinidade onde a água com $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ o teor de K^{+} foi de $4,13 \text{ g}$, enquanto que para a salinidade da água de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi de $7,03 \text{ g}$, isto indica um acréscimo de $41,25\%$ no do teor de Na^{+} , ou seja, que ocorreu um aumento de $7,5\%$ por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CE).

Figura 14 - Teor de Potássio - K^{+} (g.kg^{-1}) (a), Teor de Sódio - Na^{+} (g.kg^{-1}) (b) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta aos vários níveis de salinidade, aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(a) (*), significativo a 5 % de probabilidade, (b) (**), significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste "t"

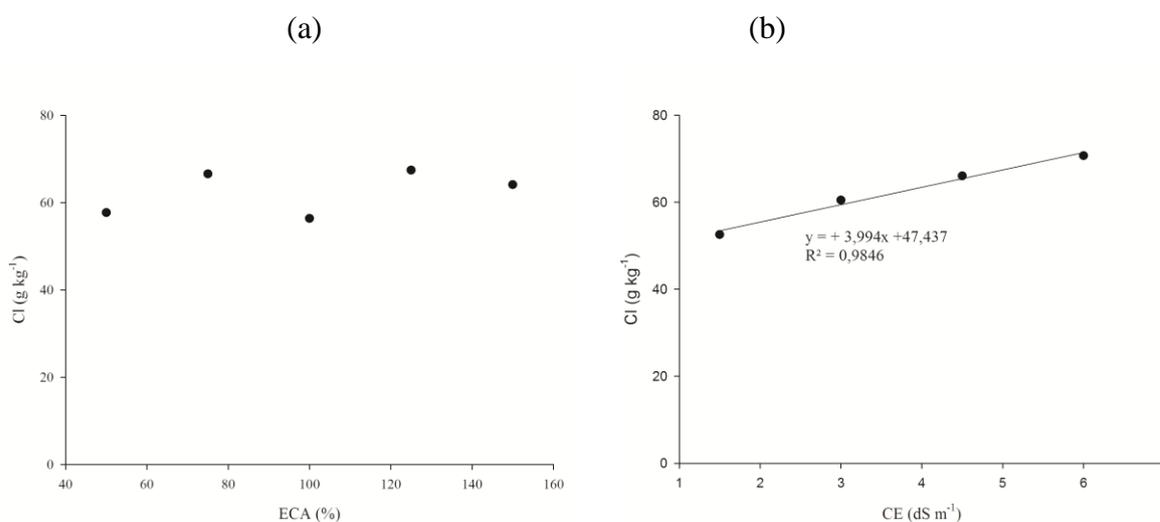
Fonte: elaborado pelo autor.

Shi (1992) e Yin (1993), estudando os efeitos de várias condições de estresse em que misturam sal em mudas de girassol, verificou que o conteúdo de Na^{+} aumentou com

incremento de salinidade, essa observação encontrada pelos os autores está de acordo com os resultados do presente experimento. Verificou-se ainda que o grau de aumento de Na^+ tendeu a ser mais elevada com o aumento da salinidade. Por outro lado, o teor de K^+ diminuiu com o aumento da salinidade, e a velocidade da queda diminuída com o aumento da alcalinidade.

O modelo linear indicou acréscimos para o teor de Cl^- (Figura 15b) de 25,18 %, ou seja, 5,03 % por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, um aumento de teor de Cl^- de (17,94 g) nas plantas irrigadas com água de 6,0 dS m^{-1} , em relação às plantas irrigadas com água de 1,5 dS m^{-1} . Observamos que o teor de Cl^- apresentou uma resposta significativa em relação aos diferentes níveis de lâmina de irrigação, entretanto, não foi possível estabelecer um modelo que representa-se essa resposta.

Figura 15 - Teor de Cloro - Cl^- (g kg^{-1}) da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta ao déficit hídrico (a) e diferentes níveis de salinidades (b), aos 90 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(a) (*), significativo a 5 % de probabilidade, (b) (**), significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste "t"

Fonte: elaborado pelo autor.

O estresse causado pelo aumento de Na^+ e Cl^- em determinadas plantas, induz que esses elementos sejam acumulados em maior quantidade nas folhas, seguidos pelas raízes (PARIDA *et al.*, 2004a). Nesta situação, observa-se o efeito antagônico destes íons sobre o K^+ , que diminui, particularmente, nas folhas. O que vai de encontro com resultados no presente estudo.

4.4 Condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida, eficiência instantânea e intrínseca de uso da água.

O resumo da análise de variância demonstra que os diferentes níveis de salinidade e diferentes lâminas de irrigação afetaram as variáveis fisiológicas do girassol (Tabela 4), apresentando efeitos significativos ($p \geq 0,05$) para eficiência instantânea de uso da água na salinidade. Já as variáveis fisiológicas: condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), e eficiência de uso de água intrínseca ($A \text{ gs}^{-1}$) não foram afetados pelos tratamentos com sua interação.

TABELA 4 - Resumo das análises de variâncias para os dados de condutância estomática (gs), transpiração (E), fotossíntese (A), eficiência instantânea do uso da água ($A E^{-1}$) e eficiência intrínseca do uso da água ($A \text{ gs}^{-1}$) em girassol, cultivar BRS 323, cultivada sobre diferentes níveis de salinidade e déficit hídrico aos 45 dias após início da aplicação dos tratamentos (DAPT). Fortaleza, Ceará, 2016

| Fonte de Variância | GL | Valor F | | | | |
|--------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | A | gs | E | $A E^{-1}$ | $A \text{ gs}^{-1}$ |
| LÂMINA | 4 | 1,855 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 0,602 ^{ns} | 2,221 ^{ns} | 0,567 ^{ns} |
| SAL | 3 | 2,111 ^{ns} | 0,201 ^{ns} | 0,248 ^{ns} | 3,683* | 0,872 ^{ns} |
| BLOCO | 3 | 4,449** | 0,51 ^{ns} | 17,178** | 12,367** | 2,672 ^{ns} |
| LÂMINA*SAL | 12 | 0,897 ^{ns} | 0,959 ^{ns} | 0,758 ^{ns} | 1,208 ^{ns} | 1,164 ^{ns} |
| Total | 79 | | | | | |
| CV (%) | | 19,37 | 27,34 | 17,41 | 14,63 | 24,1 |

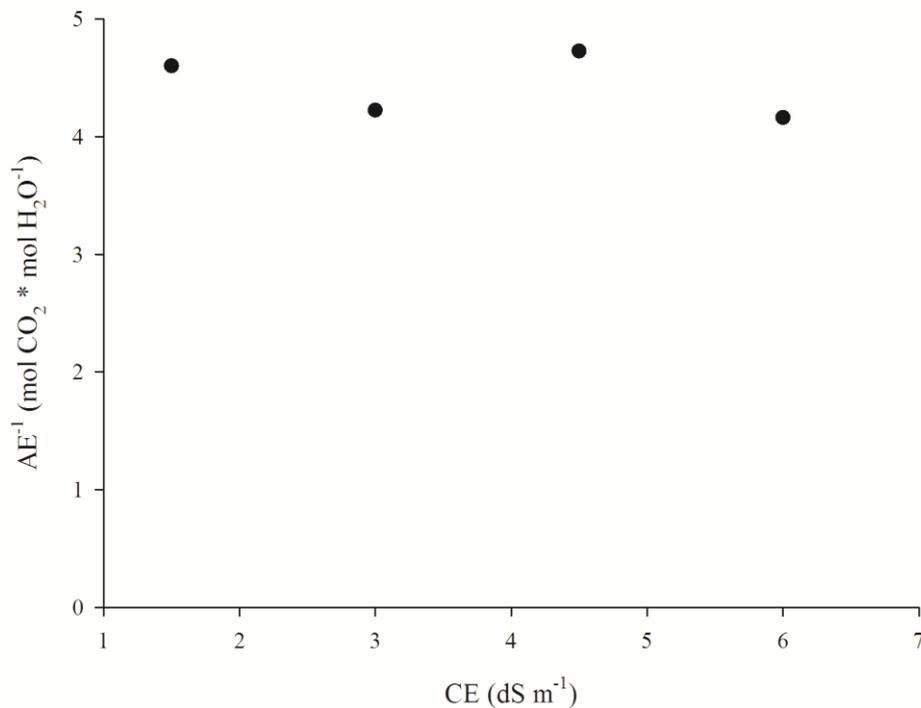
G.L.: grau de liberdade, C.V.: coeficientes de variação, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade, ^{ns} não significativo pelo teste F.

As trocas gasosas (gs, E, A e $EUA_{intrínseca}$) não foram significativamente comprometidas com as variáveis; salinidade, lâmina de irrigação e sua integração aos 45 dias após início da aplicação dos tratamentos (DAPT). Essa resposta contradiz com os trabalhos de Tezara *et al.* (2002); Cechin *et al.* (2010), que afirmaram que as plantas quando submetidas ao estresse hídrico e salino reduzem a condutância estomática a fim de evitar a perda de água pela transpiração, que na maioria das vezes resulta em menor taxa fotossintética e redução no crescimento vegetal. A insuficiência hídrica promove uma série de alterações de caráter fisiológico, morfológico e metabólico em todos os órgãos da planta (KLAMKOWSKIE TREDER, 2006) e uma das primeiras respostas é a redução da condutância estomática devido

ao fechamento dos estômatos e, conseqüente redução da taxa fotossintética e transpiração (SHINOZAKI; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007).

Figura 16 - Eficiência instantânea da água ($A E^{-1}$) - $\text{molCO}_2 * \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferentes níveis de salinidades e déficit hídrico, aos 45 dias após início da germinação (DAG).Fortaleza, Ceará, 2016

45 dias após a aplicação dos tratamentos



(*), significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste "t"

Fonte: elaborado pelo autor.

Na medida em que as folhas crescem, sua capacidade para produzir fotoassimilados aumenta até o alcance da maturidade, que consiste em seu crescimento final, fase na qual as taxas fotossintéticas começam então a decrescer. Folhas velhas e senescentes eventualmente tornam-se amarelas e são incapazes de realizar a fotossíntese, pois a clorofila é degradada e o cloroplasto passa a perder sua funcionalidade (TAIZ; ZEIGER, 2009). O que pode explicar, em parte, a redução estatisticamente significativa observada na eficiência instantânea de uso da água, com o avanço do ciclo cultural (Figura 16).

As plantas em condição de estresse busca elevar a eficiência do uso da água, já que a sua disponibilidade esta reduzida no solo pelo estresse sofrido pela salinidade e/ou variação

na lâmina de irrigação, na busca de minimizar esse prejuízo de água as plantas aumentam o controle de abertura e fechamento dos estômatos como estratégia de tolerância.

A análise de variância apresentado na tabela 5, demonstra que as diferentes estratégias de irrigação com águas salinas afetaram as variáveis fisiológicas do girassol, com efeitos significativos para condutância estomática (gs) para lâmina e interação sal e lâmina com significância de ($p \geq 0,05$) e, para sal com significância ($p \leq 0,01$); a taxa de transpiração (E) observa-se um efeito significativo ($p \geq 0,05$) para lâmina e sal, sendo para sua interação uma significância ($p \leq 0,01$). As outras variáveis fisiológicas como; taxa de fotossíntese líquida (A), eficiência de uso de água momentânea (EUAm) e eficiência de uso de água intrínseca (EUAi) não foram afetadas pelos tratamentos como sua interação.

TABELA 5 - Resumo das análise de variâncias para os dados de condutância estomática (gs), transpiração (E), fotossíntese (A), eficiência instantânea do uso da água ($A E^{-1}$) e eficiência intrínseca do uso da água ($A gs^{-1}$) em girassol, cultivar BRS 323, cultivada sobre diferentes níveis de salinidade e déficit hídrico aos 75 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016

| Fonte de Variância | GL | Valor F | | | | |
|--------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | A | Gs | E | $A E^{-1}$ | $A gs^{-1}$ |
| LÂMINA | 4 | 1,642 ^{ns} | 2,580* | 2,688* | 2,143 ^{ns} | 2,039 ^{ns} |
| SAL | 3 | 1,106 ^{ns} | 4,276 ^{ns} | 3,444* | 0,519 ^{ns} | 0,572 ^{ns} |
| BLOCO | 3 | 1,470 ^{ns} | 1,86 ^{ns} | 1,106 ^{ns} | 1,146 ^{ns} | 0,971 ^{ns} |
| LÂMINA*SAL | 12 | 0,451 ^{ns} | 2,163* | 2,711 ^{ns} | 1,607 ^{ns} | 1,570 ^{ns} |
| Total | 79 | | | | | |
| CV (%) | | 36,17 | 38,73 | 27,24 | 60,32 | 91,9 |

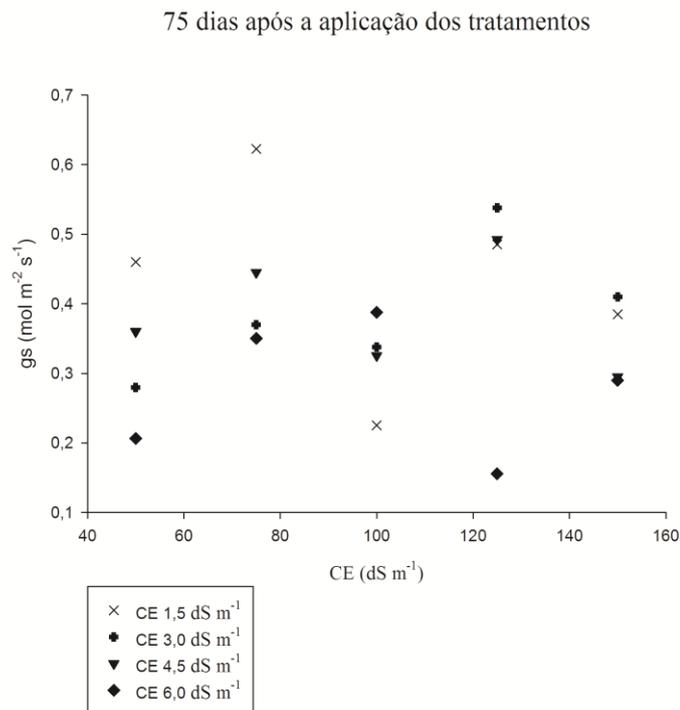
G.L.: grau de liberdade, C.V.: coeficientes de variação, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade, ^{ns} não significativo pelo teste F.

Esses resultados indicam que a ausência de efeitos significativos do déficit hídrico sob as variáveis; fotossíntese (A), eficiência instantânea do uso da água ($A E^{-1}$) e eficiência intrínseca do uso da água ($A gs^{-1}$), são indicativos de que as lâminas de irrigação que foram aplicadas nos tratamentos submetidos ao déficit ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento (45 e 75 DAPT) (50% da ECA) foram suficientes para garantir um status hídrico a nível celular da planta comparáveis aos do tratamento irrigado sem restrição hídrica (100% da ECA), fato que, possivelmente, ocorreu devido à adoção de ambos os níveis de irrigação proporcionarem a manutenção do potencial hídrico foliar e, conseqüentemente, da

turgescência das células guardas dos estômatos, uma vez que os danos provocados pelo estresse hídrico variam conforme a intensidade de sua ocorrência (LIMA *et al.*,2010).

Na figura 18 se observa o comportamento da condutância estomática em relação a variação da lâmina de irrigação, o aumento da lâmina proporcionou um efeito dissolvente em relação a salinidade, verifica que quando crescente foi a lâmina de irrigação, menor foi a condutância estomática. Esse comportamento pode ser explicado pelo o fato que, a elevação da concentração de sais na solução do solo acarreta acréscimo das forças de retenção, devido aos efeitos dos sais sob o potencial osmótico, acentuando a magnitude do problema de insuficiência de água na planta (DIAS; BLANCO, 2010).

Figura 17 - Condutância estomática (gs) - da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferentes níveis de déficit hídrico, aos 75 dias após inicio da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(*), significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste "t"

Fonte: elaborado pelo autor.

O fechamento estomático é uma das respostas mais rápidas e intensas que ocorrem em plantas submetidas aos agentes estressantes que comprometem seu estado hídrico, como a seca e a salinidade. Essa resposta estomática é regulada por vias de sinalização que ocorrem

nas raízes, modulada pela síntese e pela distribuição do ácido abscísico (DAVIES; WILKINSON; LOVEYS, 2002).

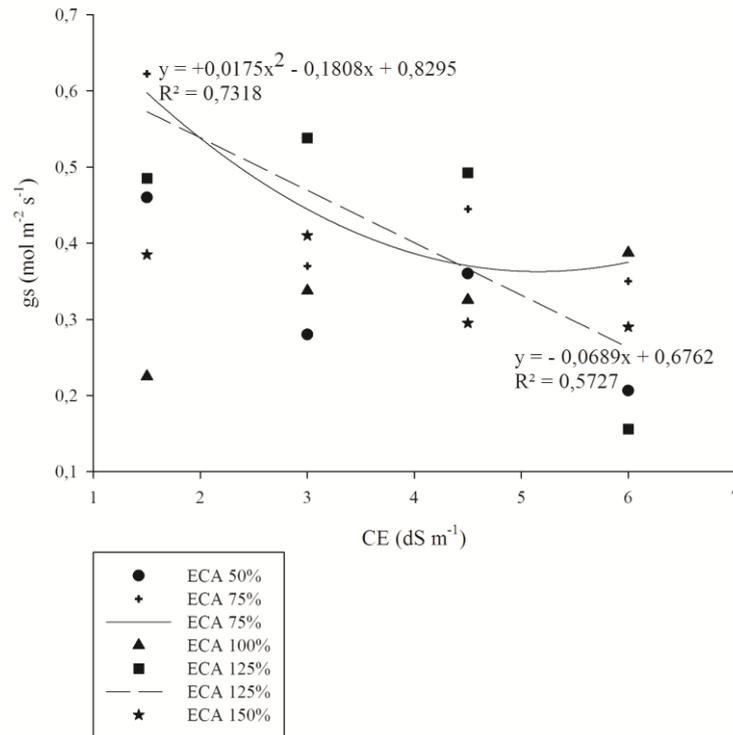
A condutância estomática é proporcional ao número e tamanho dos estômatos e ao diâmetro de abertura, essa variável é submetida a atuação de diversos fatores, tais como: ambiente em que as plantas se desenvolvem, disponibilidade hídrica e outros (TORRES *et al.*, 2012).

Já figura 18 analisa-se o comportamento da condutância estomática em relação a diferente combinação de níveis de salinidades e lâmina de irrigação. A interação lâmina de irrigação e salinidade apresentaram uma influência significativa a 5%, esse resultado mostra que para variável condutância estomática, sugere que o fator deficiência hídrica foi mais limitante à abertura dos estômatos que o próprio fator salinidade.

A afirmativa acima pode ser confirmada observando o fato da linha de resposta do gráfico (L versus S), ser mais acentuada para o fator deficiência hídrica quando comparado aos níveis de salinidade, isto é, apesar dos fatores causadores de estresse estudado (salinidade e déficit hídrico), a cultura do girassol mostra-se mais sensível às mudanças nos níveis de deficiência hídrica (Figura 18).

Figura 18 - Condutância estomática (gs) - da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferente combinação de níveis de salinidades e déficit hídrico, aos 75 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016

75 dias após a aplicação dos tratamentos



(*), significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste "t"

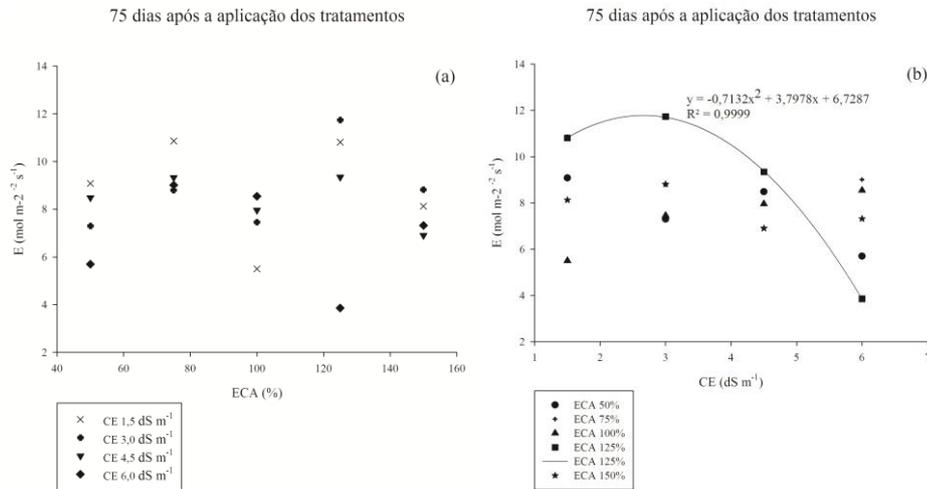
Fonte: elaborado pelo autor.

Estes resultados levam a crer que a cultura do girassol pode ter adotado estratégias visando aumentar sua tolerância diante das condições de restrições hídricas, como, por exemplo; o ajustamento osmótico, mecanismo que consiste na capacidade desenvolvida pelas plantas mediante ao estresse provocado por déficit hídrico de acumular ativamente açúcares, ácidos orgânicos e íons no citosol, assegurando a manutenção do potencial hídrico, com redução de seu potencial osmótico e, por conseguinte, conservando o turgor de suas células próximo ao nível ótimo (NEPOMUCENO *et al.*, 2001).

Nota na figura 19, representada na forma de gráfico, com seu referente modelo matemático, o comportamento da variável transpiração (E) em função das combinações de diferentes níveis de deficiência hídrica (figura 19a) e de salinidade (figura 19b).

A figura 19b nos mostra que a taxa de transpiração do girassol decresceu linearmente com elevação dos níveis de ECA, ou seja, para a lâmina de irrigação de 50% da ECA a transpiração encontrada foi 10,9 enquanto que para lâmina de irrigação de 150% ECA a transpiração diminuiu para 3,8, demonstrando que houve um decréscimo de 65,13 %, ou uma diminuição de 13,07% por aumento unitário da lâmina de irrigação (mL).

Figura 19 - Transpiração (E) - da planta girassol cultivar BRS 323 em resposta a diferente de níveis déficit hídrico (a) e diferente de níveis de salinidades (b), aos 75 dias após início da germinação (DAG). Fortaleza, Ceará, 2016



(a,b) (*), significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste "t"

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados do presente estudo são semelhante aos resultados obtidos por Cechin *et al.* (2010) quando constataram que após submeter os girassol ao estresse hídrico, imposto por meio da suspensão total do fornecimento de água, as variáveis fisiológicas fotossíntese, condutância estomática e transpiração nas folhas de girassol foram reduzidas em função do estresse imposto.

Já Trentin *et al.* (2011) afirmam que a medida que a água se torna limitante, a transpiração é reduzida, divergente com o resultado encontrado no presente experimento.

Nota-se que os menores valores de transpiração foram encontrados na combinação dos tratamentos de maior salinidade e menor irrigação, sendo os mesmos valores que limitaram a condutância estomática, a provável causa dessa queda é o fato que os estômatos se fecham, levando a uma redução no fluxo de vapor d'água para atmosfera e taxas de transpiração (GONÇALVES *et al.*, 2010).

O efeito depressivo que as plantas sofrem pelo o estresse que afeta diretamente o equilíbrio das atividades fotossintética é uma das respostas mais rápidas e intensas aos agentes estressantes que comprometem seu estado hídrico, como a seca e a salinidade, entre tanto, essa resposta pode proteger as plantas de uma desidratação imediata, permitindo sua sobrevivência a essas condições estressante, e assim evitando danos mais severo que limitaria ainda mais o seu desempenho produtivo (DAVIES; WILKINSON; LOVEYS, 2002).

5 CONCLUSÃO

O crescimento (altura da planta, diâmetro do capítulo externo e área foliar) das plantas de girassol não sofreu restrição ao ser expostas a estresse salino e hídrico, já a produção de biomassa (massa seca, como sua partição) sofreram redução ao estresse sofrido pela salinidade, já o fator hídrico proporcionou uma melhora no rendimento da fitomassa total.

A influência mútua dos fatores salinidade e déficit hídrico acentua a susceptibilidade do girassol a elevação da salinidade, ou seja, com a elevação da lâmina diminuiu o efeito da elevação da CE.

Os teores de nutriente Ca^+ , Na^+ , Cl^- , crescem positivamente com o acréscimo da salinidade e aumento da lâmina de irrigação. Já o nutriente K^+ reduziu drasticamente com o aumento da salinidade.

A aplicação de água salobra durante a fase final do ciclo do girassol inibe as trocas gasosas foliares, entretanto, o déficit hídrico exerce uma baixa influência, mostrando que o girassol é mais tolerante a variação da lâmina de irrigação nas diferentes fases de seu desenvolvimento sem acarretar muitos danos no processo fotossintético.

As aplicações de estratégias diferenciadas nos manejos de irrigação com águas salobras obteve uma resposta bastante conflitante, o que poderia ter conduzido a uma maior diferenciação nos resultados obtidos. Desta forma, sugere-se, que estudos posteriores sejam conduzidos sob diferentes intensidades de déficits hídricos ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

A utilização de lâminas de irrigação com águas salobras proporcionará um aumento no volume de água destinado à irrigação em regiões semiáridas.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. Consumo hídrico da cultura de girassol irrigada na região da Chapada do Apodi-RN 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)- Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.
- ALVES, P. L. Folhas do girassol podem ser usadas na inibição do crescimento de plantas daninhas. Disponível em: www.cnpso.EMBRAPA.br. Acessado em : 03 jan 2008.
- 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).
- ARAÚJO, M. E. B. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo nos diferentes estádios fenológicos do girassol no Vale do Curu, Ceará**. 2011. 50 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011
- ASCH F, DINGKUHN M, DOERFFLING K, MIEZAN K. 2000. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. *Euphytica* 113, 109–118
- BENINCASA, M. M. Pz. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP. 1988. 42 p.
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657 p
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 8.ed. Viçosa: UFV, 2008. 625p.
- BLANCHET, R. Ecophysiologie et élaboration du rendement du tournesol: principaux caractères. In: LOMBE, L.; PICARD, D. (Ed.). **Élaboration du rendement des principales cultures annuelles**. Paris: INRA, 1994. p. 97-99.
- BISCARO, G. A. *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia – MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1366-1373, 2008.

CASTRO, C. ; FARIAS, J. R. B. F. Ecofisiologia do girassol. *In:* LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. Cap.9, p. 163- 218.

CAVASIN Júnior, C. P. A cultura do girassol. Guaíba, Agropecuária, 2001. 69 p.

CHAVES, M.M., MAROCO, J., PEREIRA, J.S. (2003) Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional plant Biology* 30: p. 239- 264.

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, p.551-560, 2009

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - safra 20013/2014**. Brasília: Conab, 48 p. 2014.

CONFORTO, E. de C. Respostas fisiológicas ao déficit hídrico em duas cultivares enxertadas de seringueira (“RRIM 600” e “GT 1”) crescidas em campo. **Revista Ciência Rural**, vol.38, n.3, pp. 679-684, 2008.

COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J.T; GOMES-FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.26, n.3, p.289-297, 2003.

DAVIES WJ , WILKINSON S , LOVEYS B. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture ew *Phytologist* . 2002; 153 (3):

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. *In:* GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculkture. *In:*POLJAKOFF MAYBER, A.; GALE, J. **Plant in salineenviroments**. New York: Springer-Verlag, 1975. p. 56 - 76.

DUDAL R, 1976. Inventory of the major soils of the world with special reference to mineral stress hazards, pp. 3-14. In: Plant Adaptation to Mineral stress in Problem Soils. Wright MJ ed. Cornell University, Ithaca.

EHRET, D.L. & PLANT, A.L. 1999. Salt tolerance in crop plants. (Chapter 5). Pp: 69–120. In: G.S. Dhaliwal & R. Arora (eds.). Environmental Stress in Crop Plants. Commonwealth Publishers, New Delhi, India. 331p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultivar de girassol BRS 323: híbrido com produtividade e precocidade. Londrina: Embrapa Soja, 2013 (Fôlder).

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2009/doenca.htm>> Acesso em: 20 maio 2015.

ESTEVES, B.S. & SUZUKI, M.S. **Efeito Da Salinidade Sobre As Plantas**. *Oecol. Bras.*, 12 (4): 662-679, 2008

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. DROUGHT-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited **Annals of Botany**, London, v. 89, p.183-189, 2002.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.307-319, 2004.

GHEYI, H. R., DIAS, N. da S., LACERDA, C. F. de. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p. il.

GLAZ, B., MORRIS, D. R., AND DAROUB, S. H. 2004. Sugarcane photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance due to flooding and water table. *Crop Science* 44:1633-1641.

GONÇALVES, E. D. (2010) Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetida à deficiência hídrica. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal e Proteção de Plantas), UFAL, Rio Largo – AL, 66p

GONZÁLEZ, F.D.; MUIÑO, R.; PEREIRA, V. et al Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in high-yielding dairy cows. *J. Vet. Sci.* v.12, p.251-255, 2008.

GORHAM, J., HUGHES, LL., AND WYN JONES, R.G. 1981: Low-molecular-weight carbohydrates in some saltstressed plants. *Physiol. Plant.*, 53, 27-33

GUEDES FILHO, D. H.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; OLIVEIRA, J. T. L. Production of sunflower and biomass depending on available soil water and nitrogen levels. **Iranica Journal of Energy & Environment**, v. 2, n. 4, p. 313-319, 2013.

HOLANDA, J.S. de; AMORIM, J.R.A de. Qualidade da água para irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. Manejo e Controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997. Cap. 5, p. 137 –169. Editado por Hans Raj Gheyi, José Elenildo Queiroz, José Francismar de Medeiros.

IYENGAR, E.R.R. & REDDY, M.P. 1996. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. Pp: 897–909. In: M. Pesserkali (ed.). Handbook of photosynthesis. Marshal Dekar, Baten Rose, USA. 952 p.

INMET–Instituto Nacional de Meteorologia, estação Fortaleza
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>. Acessado dia 12/06/2015.

KATERJI, N.; VAN HOORN, J. W.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. *Agricultural Water*, v.43, p.99-109. 2000.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. Tradução: Prado, C.H.B.A. e Franco. A.C. São Carlos, RiMa, 2000. 533p.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*25: 275–294, 2002.

LEITE, R.M.V.B.C. ; BRIGHENTI, A.M. ; CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 613p.

LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOARES, W.A.; SOUZA, E.S. & LIRA, C.A.B.O. Balanço hídrico no solo cultivado com feijão caupi. *R. Bras. Ci. Agron.*, 1:89-95, 2010.

LIU, J. & ZHU, J.K. 2008. An Arabidopsis Mutant that requires increased calcium for potassium nutrition and salt tolerance. *Proceeding of the Nacional Academy of Sciences of the United States of America*.

MALDANER, I. C. *et al.* Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.1356-1361, 2009.

MEDEIROS, J. F. *et al.* Riscos e medidas mitigadoras para a salinidade em áreas irrigadas. *In: PAZ, V. P. S. et al. Manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas*. Cruz das Almas: UFRB, 2008. p.187-219.

MELO, M. R.; BARROS, C. F. M.; SANTOS, M. P.; ROLIM, M. M. 2011. Correção de solos salinosódicos pela aplicação de gesso mineral. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.12, n.4, p.376-380.

MERRIEN, A., 1992. Les points techniques du CETIOM: Physiologie du tournesol. CETIOM

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M.; MARTIN NETO, L. AND ARAUJO, A. R. (1984), Efeito da temperatura de secagem do solo e extratores na solubilidade do manganês. *R. Bras. Ci. Solo*, 15, 225-227

MORAIS, F. A. DE. *et al.* Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.327-336, 2010.

MOREIRA, MUNNS, R. & TERMATT, A. 1986. Whole plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 143–160.

MUNNS R., GUO J., PASSIOURA J.B. & CRAMER G.R. (2002) Leaf water status controls day-time but not daily rates of leaf expansion in salt-treated barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 27, 949–957.

MUNNS, R. 2005. Genes and salt-tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 3: 645–663.

MUNNS, R.; JAMES, R.A.; LÄUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.1025-1043, 2006.

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

NEPOMUCENO, A. L.; SILVA, P. R. F. Efeito do arranjo de plantas e da presença de ervas daninhas nas características de plantas associadas à colheita de girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 7, p. 1057-1063, 2001.

NETONDO, G.W.; ONYANGO, J.C.; BECK, E. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity. *Crop Science*, v.44, p.797-805, 2004a.

NETONDO, G.W.; ONYANGO, J.C.; BECK, E. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science*, v.44, p.806-811, 2004b.

NEVES, M.B.; BUZETYTI, S.; CASTILHO, R.M.M. de.; BOARO, C.S.F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. Científica, Jaboticabal, v.33, n.2, p. 127-133, 2005.

NIVAS, D.; GOIKWAD, D. K.; CHAVAN, P. D. Physiological responses of two *Morinda* species under saline conditions. American Journal of Plant Physiology, v.6, n.3, p.157-161, 2011.

NOBRE, R. G. *et al.* Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.358-365, 2010

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. 1991. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A.J.; Garrido, W.E.; Araújo, J.D.; Lourenço, S. (Eds.). *Métodos de Pesquisa em Fertilidade do Solo*. Brasília: EMBRAPA-SEA, Brasília, Df. p. 189-255.

OLIVEIRA, F.P.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SILVA, M.A.; MELLO, C.R. Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do estado de Minas Gerais: primeira aproximação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, n.6, p.1569-1577, 2010.

OLIVEIRA, M. C.; MARTINS, F. F.; ALMEIDA, C. V.; MOURA, C. D. Efeito da inclusão de bagaço de girassol na ração sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. *Revista Portuguesa Zootecnia*, v.10, p.107-116, 2011.

PARIDA, A.K.; DAS, A.B. & MITTRA, B. 2005. Effects of salt on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. *Trees - Structure and Function*, 18: 167–174.

PENNINGS, S. C. & CALLAWAY, R. M. 1992. Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. *Ecology*, 73: 681–690.

PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos*. Madrid: Editorial Española, 1985. 542p

PRAXEDES, S.C.; LACERDA, C.F. de; DAMATTA, F.M.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, 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, p.193-204, 2010.

RHOADES, J.D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, B.A., NIELSEN, D.R. *Irrigation of agricultural crops*. Madison: American Society of Agriculture, 1992. p. 1091-1142 (Agronomy Series, 30)

RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB. 2000. 117p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem 48.

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

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: Tecnagro. Curitiba, 1998. 333p.

SABBAGH, M. C. Redução de porte de girassol ornamental pela aplicação de reguladores vegetais. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, p. 93, 2008.

SANTANA, M. J. DE; CARVALHO, J. DE A.; SOUZA, K. J. DE; SOUSA, A. M. G. DE; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. DE B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. *Ciência e Agrotecnologia*. v.31, p.1470-1476, 2007.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, J. G. R. dos. A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática. Campina Grande: UFPB, 2000. 171p.

SANTOS JÚNIOR, J. A. *et al.* Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.842-849, 2011.

- SAVVAS, D.; STAMATIB, E.; TSIROGIANNISB, I. L.; MANTZOSB, N.; BAROUCHASB, P.E; KATSOULASC, N.; KITTASC; C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. *Agricultural Water Management*, v.91, p.102-111, 2007.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v.21, p 901-903, 1981
- SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M.; FRANCOIS, L. E. Whole-plant response to salinity. In: WILKINSON, RE. *Plant environment interactions*. New York: Marcel Dekker Inc., 1994. p. 199-244.
- SILVA, D. J. ; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed.Viçosa: UFV, 2004. 235p.
- SILVA, F. A. M. et al. Efeito do estresse salino sobre a nutrição e o crescimento de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivada em solução nutritiva. **Revista Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 52-59, 2005.
- SILVA, M. L. O. *et al.* Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5,p.482 – 488 , 2007.
- SILVA, M. L. O. E. et al. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 01, p. 200-205, 2007.
- SILVA, E.N. da; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Arid Environments*, v.74, p.1130-1137, 2010b.
- SILVA, E.N. da; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agricola*, v.68, p.62-68, 2011.

SILVA, E.N. da; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIEIRA, S.A.; PONTE, L.A.F.; SILVEIRA, J.A.G. Coordinate changes in photosynthesis, sugar accumulation and antioxidative enzymes improve the performance of *Jatropha curcas* plants under drought stress. **Biomass and Bioenergy**, v.45, p.270-279, 2012.

SZABOLCS I. (1994) Soils and salinisation. In Handbook of Plant and Crop Stress (ed. M. Pessarakali), pp. 3–11. Marcel Dekker, New York.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2006. 782 p

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TESTER M, DAVENPORT R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany* 91, 503–527.

TRAVASSOS C, VIACAVA F, FERNANDES C, ALMEIDA CM 2011. Desigualdades geográficas e sociais na utilização de serviços de saúde no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva* 5(1):133-149

UNGARO, Maria Regina Gonçalves. **Cultura do girassol**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 36p. (Boletim Técnico,188)

UNGARO, M. R. G. Potencial da cultura do girassol como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel. *In: CAMARA, G. M.; HEIFFIG, L. S. (ed.) Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para o biodiesel*. Piracicaba: ESALQ, 2006. p. 57-80.

WANG, Y.& NIL, N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75: 623–627.

WILLADINO, L.G.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.6, n.11, p.1-23, 2010.

ZHU, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 247–273.