



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E POTENCIAL FISIOLÓGICO DOS
AQUÊNIOS DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DO ARRANJO ESPACIAL DAS
PLANTAS E DO LOCAL DE CULTIVO

FORTALEZA

2013

FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E POTENCIAL FISIOLÓGICO DOS AQUÊNIOS
DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DO ARRANJO ESPACIAL DAS PLANTAS E DO LOCAL
DE CULTIVO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Agronomia/Fitotecnia do Departamento de
Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Agronomia. Área de
concentração: Fitotecnia

Orientador: Alek Sandro Dutra

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

B469v Bezerra, Francisco Thiago Coelho
Características produtivas e potencial fisiológico dos aquênios de girassol em função do arranjo espacial das plantas e do local de cultivo /Francisco Thiago Coelho Bezerra – 2013.
66 f., il., enc., 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Fitotecnia.
Orientação: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.

1. Girassol. 2. Espaçamento. 3. Densidade. I. Título.

CDD 632

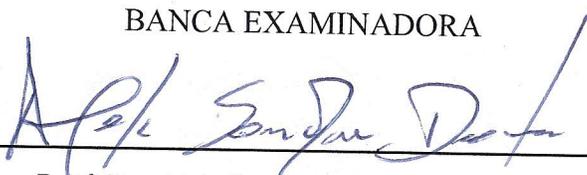
FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E POTENCIAL FISIOLÓGICO DOS AQUÊNIOS
DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DO ARRANJO ESPACIAL DAS PLANTAS E DO LOCAL
DE CULTIVO

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Agronomia/Fitotecnia do
Departamento de Fitotecnia da Universidade
Federal do Ceará, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Aprovado em: 22/02/2013.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alek Sandro Dutra (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)



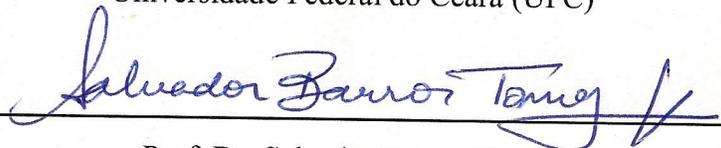
Prof. Dr. João Bosco Pitombeira

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Salvador Barros Torres

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Dedico

A minha mãe *in memória* Francilene Coelho Bezerra (“Leninha”) que sempre me incentivou e me apoiou nas realizações de meus sonhos e com muito amor, carinho e destreza me ensinou a alegria da vida.

A minha esposa Marlene Alexandrina Ferreira Bezerra por me amar e me ajudar a superar os percalços da vida que não foram e não são poucos mais se tornaram mais suaves com seus apoios e conselhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que criou o céu e a terra e tudo que nela está e por me conceder a dádiva da vida.

A minha mãe *in memória* Francilene Coelho Bezerra (“Leninha”) por toda dedicação e confiança em mim imposta e pelo o amor dedicado, te amo Mãe.

À minha esposa Marlene Alexandrina Ferreira Bezerra por seu carinho, dedicação, conselhos e amizade. Ela foi, é e sempre será essencial na minha vida pessoal e profissional, te amo Marlene.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, onde pude obter os conhecimentos necessários à obtenção do título de Mestre.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa de Mestrado.

A PETROBRAS (Petróleo Brasileira S.A.) pelo apoio financeiro a execução das pesquisas.

Ao Prof. Dr. Alek Sandro Dutra da Universidade Federal do Ceará, pela orientação durante o trabalho de dissertação.

Ao Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira da Universidade Federal da Paraíba, pelo o auxílio estatístico.

Ao Prof. Dr. João Bosco Pitombeira da Universidade Federal do Ceará, pela colaboração no trabalho de campo.

Aos meus colegas Francelino, Lucas, Camila, Denise, Geovânio e Aires pela a amizade e contribuições na execução deste trabalho.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

“A sabedoria está em não se acreditar saber aquilo que não se sabe.”

(Sócrates)

RESUMO

A cultura do girassol vem se tornando expressiva nos cenários nacional e internacional devido, principalmente, a possibilidade da utilização do óleo na fabricação de biodiesel. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar arranjos espaciais e locais de cultivo sobre características vegetativas, componentes de produção, produtividade e potencial fisiológico de aquênios de girassol da variedade Embrapa 122. Os locais de cultivo foram na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, CE, e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, CE. Os tratamentos consistiram das combinações entre os espaçamentos entre linhas (0,30; 0,50; 0,70 e 0,90 m) e as densidades de plantio (30.000; 45.000; 60.000 e 75.000 plantas por hectare) no esquema fatorial 4 x 4, totalizando 16 tratamentos distribuídos em quatro blocos casualizados. As características avaliadas foram diâmetro do caule ao nível do solo, comprimento da haste, número de folhas, área foliar, índice de área foliar, capítulos colhidos, diâmetro do capítulo, massa do capítulo, massa de aquênios por capítulo, massa de 100 aquênios, aquênios por capítulo, produtividade de aquênios, índice de colheita e teor de óleo nos aquênios. O potencial fisiológico dos aquênios foi avaliado pelos testes de germinação e vigor (primeira contagem da germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas e comprimento da parte aérea e da raiz e massa da matéria seca da parte aérea e da raiz das plântulas do teste de emergência). Os experimentos foram analisados de forma conjunta em relação ao local de cultivo, os dados submetidos à análise de variância e os fatores quantitativos testados por meio de regressão utilizando o teste F ($p < 0,05$) para verificar o ajuste aos modelos. Os arranjos espaciais que confere maior competição intraespecífica afetam as características vegetativas, reduzem os componentes de produção e o potencial fisiológico dos aquênios, porém não afetam a produtividade. O local de cultivo foi o fator que mais influenciou nas características vegetativas, nos componentes de produção e na produção de aquênios, devido, principalmente, a irregularidade e a baixa precipitação pluviométrica. A germinação e o vigor dos aquênios também foram afetados pelo local de cultivo, podendo as diferenças estar relacionadas ao processo de maturação ocasionados pelos fatores climáticos.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*. Espaçamento. Densidade. Vigor de sementes.

ABSTRACT

Sunflower crop is becoming significant in the national and international scene, mainly due to the possibility of the use of oil for biodiesel production. Thus, the present study aimed to evaluate spatial arrangements and local culture on vegetative characteristics, yield components, yield and physiological potential of sunflower achene's variety of Embrapa 122. The regions were at the Experimental area from Department of Plant Science, in Fortaleza, CE, and at Experimental Farm Vale do Curu, in Pentecost, CE. Treatments consisted of combinations of row spacing's (0.30, 0.50, 0.70 and 0.90 m) and planting densities (30,000, 45,000, 60,000 and 75,000 plants per hectare) in a factorial 4 x 4, totaling 16 treatments arranged in four randomized blocks. These characteristics were stem diameter at soil level, stem length, number of leaves, leaf area, leaf area index, chapters collected, head diameter, mass chapter, mass of seeds for each chapter, mass of 100 seeds, achene's per chapter, achene yield, harvest index and oil content in the achene's. Physiological achene's was evaluated by germination and vigor (first germination count, electrical conductivity, accelerated aging, seedling emergence and shoot length and root and dry weight of shoots and roots of seedlings emergency test). The experiments were analyzed together in relation to the growing cultivation site, the data were submitted to variance analysis and quantitative factors tested by regression using the F test ($p < 0.05$) to check the adjustment to models. The spatial arrangements providing greater intraspecific competition affect the vegetative characteristics, reduce yield components and physiological achene's, but not affect productivity. The growing place was the factor that most influenced the vegetative characteristics, yield components and achene production, mainly due to irregular and low rainfall. Germination and vigor of achene's were also affected by growing place, the differences may be related to the maturation process caused by climatic factors.

Keywords: *Helianthus annuus*. Spacing. Density. Vigour.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Dados meteorológicos de temperatura média do ar (—) e precipitação pluviométrica acumulada (----) no Campus do Pici (o), em Fortaleza-CE, e na Fazenda Experimental Vale do Curu (◆), em Pentecoste-CE, 2012 24
- Figura 2 - Diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre plantas e em função da densidade de plantio aos 42 (A e B, respectivamente) e aos 70 (C e D, respectivamente) dias após a semeadura na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), e média das duas áreas (●), 2012 31
- Figura 3 - Número de folhas em plantas de girassol da variedade Embrapa 122 aos 42 dias após a semeadura em função da densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012 33
- Figura 4 - Área foliar (A e B) e índice de área foliar (C e D) em plantas de girassol da variedade Embrapa 122 aos 42 dias após a semeadura em função do espaçamento entre plantas e em função da densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012 35
- Figura 5 - Capítulos colhidos em plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B), na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, e em função da interação do espaçamento entre linhas e a densidade de plantio (C) na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, 2012 39
- Figura 6 - Diâmetro do capítulo de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B) na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012 40

Continua...

...continuação.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 7 - Massa fresca do capítulo de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B) e massa fresca de aquênios por capítulo em função da densidade de plantio (C) na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012 42
- Figura 8 - Aquênios por capítulo de planta de girassol da variedade Embrapa 122 cultivadas em função do espaçamento entre linhas (A) e da densidade de plantio (B) na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), e massa de 100 aquênios (C) em função da interação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, 2012 44
- Figura 9 - Testes de germinação (A) e condutividade elétrica (CE) da água de embebição (B) em aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio, respectivamente, produzidos na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, 2012 50
- Figura 10 - Teste de envelhecimento acelerado (EA) em aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B), produzidos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, e da interação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio (C) dos aquênios produzidos na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, 2012 ... 52

Continua...

...continuação.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 11 - Qualidade fisiológica dos aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio produzidos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), baseado no comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) do teste de emergência, 2012 54
- Figura 12 - Qualidade fisiológica dos aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio produzidos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), baseado na massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) e da raiz (MMSR) das plântulas do teste de emergência, 2012 56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resultados das análises físico-químicas na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia (1), em Fortaleza, e na Fazenda Experimental Vale do Curu (2), em Pentecoste, nas camadas de 0-20 (◆) e 20-40 (■) cm de profundidade do perfil previamente a instalação do experimento, 2012 . 23
- Tabela 2 - Resumo das análises de variância e de regressão das variáveis: diâmetro do caule ao nível do solo aos 42 dias e aos 70 dias após a semeadura (DSN1 e DNS2, respectivamente), comprimento da haste aos 42 dias e aos 70 dias após a semeadura (CH1 e CH2, respectivamente) e número de folhas (NF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 42 dias após a semeadura de girassol da variedade Embrapa 122 em função do arranjo espacial das plantas (espaçamento e densidade) e dos locais de cultivo (Fortaleza e Pentecoste – CE), 2012 30
- Tabela 3 - Resumo das análises de variância e de regressão das variáveis: capítulos colhidos (CC), diâmetro do capítulo (DC), massa do capítulo (MC), massa de aquênios por capítulo (MAC), massa de 100 aquênios (M100A), aquênios por capítulo (AC), produtividade de aquênios (PROD), índice de colheita (IC) e teor de óleo nos aquênios (OL) de girassol da variedade Embrapa 122 em função do arranjo espacial das plantas (espaçamento e densidade) e do local de cultivo (Fortaleza e Pentecoste – CE), 2012 38
- Tabela 4 - Resumo das análises de variância e de regressão dos testes com os aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 cultivado em função do arranjo espacial (espaçamento e densidade) das plantas e dos locais de cultivo (Fortaleza e Pentecoste – CE): germinação (G) e vigor através dos testes de primeira contagem da germinação (PCG), condutividade elétrica da água de embebição (CE), envelhecimento acelerado (EA), emergência de plântulas em vermiculita (E) e comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) e da raiz (MMSR) das plântulas oriundas do teste de emergência, 2012 49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	A cultura do girassol	16
2.2	O arranjo espacial das plantas	18
2.3	Potencial fisiológico das sementes	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Cultivo do girassol	23
3.1.1	<i>Características vegetativas</i>	25
3.1.2	<i>Componentes de produção</i>	25
3.2	Potencial fisiológico dos aquênios	26
3.3	Análises estatísticas	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Características vegetativas	29
4.2	Componentes de produção e produtividade	37
4.3	Potencial fisiológico dos aquênios	48
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) foi introduzido no Brasil no final do século XIX pelos colonos europeus (RIBEIRO, 2008) e se adapta a diferentes condições edafoclimáticas, podendo ser cultivado desde o Rio Grande do Sul até Roraima (LEITE *et al.*, 2007). Essa cultura vem tornando-se expressiva no cenário nacional devido à qualidade do óleo comestível extraída dos aquênios, ao aproveitamento dos subprodutos em rações para animais, por ser alternativa econômica aos sistemas de cultivo (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007; BACKES *et al.*, 2008) e, principalmente, pela possibilidade da utilização do óleo na fabricação de biodiesel (YOKOMIZO, 2003).

Por estas razões vem se observando um aumento na produção nacional e internacional de grãos e óleos de girassol (MAPA, 2011). Entre as safras de 1998/1999 e 2008/2009 houve aumento de 14,8% na produção de grãos, passando de 26,63 para 30,56 milhões de toneladas (MAPA, 2011). Estimativas da cultura na safra brasileira de 2011/2012 apontaram aumento de área plantada e de produção, com 74.500 ha e 116.400 toneladas, respectivamente e com produtividade média de 1.563 kg ha⁻¹. O Centro-Oeste é a principal região produtora, com destaque para o Estado do Mato Grosso (CONAB, 2013), enquanto que, na Região Nordeste a produção se concentra nos Estados do Rio Grande do Norte, do Ceará (MAPA, 2011) e da Bahia (CONAB, 2013).

A cultura do girassol possui o potencial genético para a obtenção de elevada produtividade desde que se selecionem boas variedades e lhes dê manejo adequado (BAHIABIO, 2008). Diversos fatores afetam o desempenho de girassol de elevado potencial produtivo estando diretamente relacionado, de acordo com Leite *et al.* (2007), a época de semeadura, o genótipo, o manejo adequado da fertilidade do solo e os fatores ambientais, como a distribuição de água uniforme durante o ciclo da cultura. O local de cultivo e o genótipo também podem interagir proporcionando variações significativas na produtividade (AFFÉRRRI *et al.*, 2008). No Estado do Mato Grosso, Broch *et al.* (2009) além das variações observadas na produtividade entre genótipos de girassol obtiveram diferenças em relação ao local de cultivo.

No Ceará, a cultura do girassol está sendo introduzida devido as suas características de resistência a seca, potencial de uso do óleo dos aquênios na produção de biodiesel, possibilidade de incorporação nos sistemas produtivos da agricultura familiar, com vista a melhoria da renda. Porém, para o expansão da qualquer cultura é imprescindível a

elaboração do sistema de produção aliando o material genético disponível aos manejos da adubação, controle de pragas e doenças, irrigação e distribuição das plantas em campo.

O arranjo espacial das plantas obtido pela combinação entre espaçamento entre linha e entre plantas dentro da linha (densidade de plantio), de modo geral, também é um fator de elevada importância, pois pode afetar as características vegetativas, os componentes de produção, a produtividade e o potencial fisiológico das sementes de muitas culturas. Plantas submetidas a condições de sombreamento, devido ao aumento da densidade, podem alocar recursos para um rápido crescimento em extensão (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essa modificação no crescimento é resultante da manifestação da plasticidade fenotípica às condições do habitat (LARCHER, 2006). Por isso, o estudo das características produtivas se faz necessário para que haja melhores interpretações das respostas adaptativas das plantas e conseqüentemente melhor planejamento. De acordo com Pivetta *et al.* (2012), a relação entre os componentes de produção acarretaram em uma resposta em produtividade, ou seja, a biomassa individual e o número de aquênios por capítulo, o diâmetro do capítulo entre outros componentes influenciam diretamente o rendimento da cultura.

O estudo do arranjo das plantas permite definir sua melhor disposição na área de maneira a reduzir a competição por recursos do ambiente, além de buscar maior eficiência no controle de plantas daninhas e adequar ao maquinário disponível (SILVA *et al.*, 1995). Como observado por Rizzardi e Silva (1993) a cultivar de girassol de ciclo curto e porte baixo apresenta maior potencial de rendimento de óleo sob densidades mais elevadas e cultivares de ciclo longo e porte médio e alto expressam maiores rendimentos de óleo e grãos sob níveis mais baixos de densidade.

As condições ambientais durante o cultivo também afetam a produtividade do girassol. De acordo com Aguirrezábal *et al.* (2001), os componentes de rendimento são definidos em diferentes estádios fenológicos e as condições ambientais, variáveis ao longo do ciclo do cultivo, afetam o rendimento através de distintos componentes, porém, um fator ambiental pode afetar um componente com intensidade diferente do outro, ocorrendo a compensação dos diferentes componentes na produção. Estes autores ainda relataram que a redução no número de capítulos pode ser compensada pelo aumento no número de aquênios por capítulo e/ou no peso dos mesmos.

O manejo da cultura também pode afetar o potencial fisiológico das sementes que é um dos componentes essenciais para a produção agrícola (JULIATTI, 2010). Nesse sentido, o vigor é um dos principais atributos da qualidade fisiológica a ser considerado na

implantação de uma lavoura (SCHEEREN *et al.*, 2010). Pois esse representa um conjunto de características que determinam o potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais sob ampla diversidade de condições ambientais (MARCOS-FILHO, 1999a).

Na literatura existem inúmeros trabalhos sobre o efeito da adubação, da irrigação, do arranjo espacial, entre outros manejos culturais sobre a produção de sementes, porém poucas pesquisas avaliam o manejo sobre o potencial fisiológico das sementes produzidas. De acordo com Juliatti (2010), a qualidade genética, associada às suas características físicas, sanitárias e fisiológicas influencia diretamente a planta para atingir o máximo do seu potencial produtivo. Segundo Oliveira *et al.* (2012), pesquisas na área de controle de qualidade de sementes de girassol são essenciais para o estabelecimento da cultura e se justifica pela potencialidade da agrônômica da espécie.

Uma problemática enfrentada para se determinar o vigor das sementes é a escolha do teste, pois a utilização apenas do teste de germinação não confere informações precisas sobre o real potencial fisiológico das sementes. Com aquênios de girassol Maeda *et al.* (1986) observaram elevada variação entre lotes expostos às condições desfavoráveis impostas pelo envelhecimento rápido e concluíram que o teste inicial de germinação não explica o comportamento. Dessa forma, se deve proceder com o teste de germinação e com testes de vigor para melhor distinguir os lotes. Albuquerque *et al.* (2001) observaram que os resultados dos testes de germinação, primeira contagem e envelhecimento acelerado apresentaram correlação significativa com os de emergência das plântulas em campo.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos dos arranjos espaciais e dos locais de cultivo sobre características vegetativas, componentes de produção, produtividade e potencial fisiológico de aquênios de girassol da variedade Embrapa 122.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do girassol

O girassol é uma dicotiledônea anual pertencente à família Compositae, gênero *Helianthus* e espécie *Helianthus annuus* L., $2n = 24$ (CASTIGLIONI *et al.*, 1997). Seu gênero deriva do grego *helios*, que significa sol, e de *anthus*, que significa flor, ou seja, “flor do sol” que gira seguindo o movimento do sol, heliotropismo. E sua origem é atribuída ao continente americano (LIRA *et al.*, 2011), especificamente na parte central e no norte do México e parte do sudoeste dos Estados Unidos (MELEÁN, 2009). Os requícios mais antigos já encontrados de girassol foram descobertos no sítio arqueológicos de San Andrés, na região de Tabasco, México (LENTZ *et al.*, 2001).

No Brasil, o girassol foi introduzido no final do século XIX pelos colonos europeus (RIBEIRO, 2008) que se estabeleceram no sul do país e utilizavam as sementes de girassol torradas para a fabricação de uma espécie de chá rico em cafeína, economicamente sua exploração se deu a partir de 1902 no estado de São Paulo para a produção de óleo (LIRA *et al.*, 2011). Atualmente a cultura vem tornando-se expressiva no cenário nacional devido à qualidade do óleo comestível extraída dos aquênios, ao aproveitamento dos subprodutos em rações para animais, por ser alternativa econômica aos sistemas de cultivo (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007; BACKES *et al.*, 2008) e, principalmente, pela possibilidade da utilização do óleo na fabricação de biodiesel (YOKOMIZO, 2003). Segundo Zabaniotou, Kantareslis e Theodoropoulos (2008), a cultura do girassol é uma das principais oleaginosas cultivadas visando à produção de óleo para o consumo humano.

O girassol é um dos principais cultivos anuais utilizados para a extração de óleo no mundo (MELEÁN, 2009), sendo obtido a partir das sementes e representa até 80% do seu valor econômico (EVON *et al.* 2007). Quimicamente, o óleo de girassol é considerado um óleo saudável, por apresentar alto teor de ácidos graxos poliinsaturados o que pode auxiliar na redução dos níveis de colesterol no sangue (FREITAS; FERREIRA, TSUNECHIRO, 1998; PIIRONEN *et al.*, 2000) e na prevenção de doenças cardiovasculares (MANDARINO, 1992).

Por estas razões vem se observando um aumento na produção nacional e internacional de grãos e óleos de girassol, sendo que no Brasil os incrementos mais marcantes foram registrados a partir da safra 2005/2006 (MAPA, 2011). Entre as oleaginosas é a que

teve um significativo crescimento (SALGIN; DÖKER; ÇALIMLI, 2006). Estimativas para a cultura na safra brasileira de 2011/2012 apontaram uma área plantada e uma produção de 74.500 ha e 116.400 toneladas, respectivamente, com produtividade média de 1.563 kg ha⁻¹, sendo o Centro-Oeste a principal região produtora, com destaque para o estado do Mato Grosso (CONAB, 2013). No nordeste brasileiro a cultura vem obtendo bom desempenho, sendo uma alternativa a exploração comercial principalmente para a agricultura familiar (LIRA *et al.*, 2011), com destaque os estados do Rio Grande do Norte, do Ceará (MAPA, 2011) e da Bahia (CONAB, 2013). Apesar da expansão da cultura e do aumento da produção no Brasil, ainda existe a necessidade de importação, sendo o principal fornecedor a Argentina (SMIDERLE *et al.* 2004).

De acordo com Lira *et al.* (2011), o cultivo do girassol abrange todos os continentes onde é utilizada para a produção de grãos e forragens. Possui maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que as culturas normalmente cultivadas no Brasil e seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (CASTRO; CATIGLIONI; BALLA, 1996), o que lhe confere grande potencialidade de cultivo em diferentes regiões do país (TSUZUKI; CAVALLI; BIANCHINI, 2003), podendo ser cultivado desde o Rio Grande do Sul até Roraima (LEITE *et al.*, 2007).

De acordo com Castiglioni *et al.* (1997), a planta de girassol possui um sistema radicular com raiz principal pivotante, o caule apresentando diferentes curvaturas que são expressadas na maturidade e a inflorescência em forma de capítulo cuja forma varia de côncavo a conexo e as características quantitativas como altura da planta, tamanho de capítulo, tamanho de aquênios, tempo para maturação, entre outros, variam consideravelmente. O fruto de girassol também chamado de aquênio é constituído pelo pericarpo, que é formado por três camadas, e pela semente, que é composta pelo tegumento, endosperma e embrião, e quanto a composição química das sementes de girassol, a mesma está totalmente relacionada às suas características de produção como, local, clima, fertilizantes, tipo de solo e manejo (CARRÃO PANIZZI; MANDARINO, 1994). Em geral, contém altos níveis de potássio e magnésio (SKRBIC; FILIPCEV, 2008), e a composição centesimal média em base seca é de 4,8% de água, 24% de proteína, 47,3% de óleo, 19,9% de carboidratos totais e 4% de cinzas (CARRÃO PANIZZI; MANDARINO, 1994).

A época ideal de plantio é de fundamental importância para o sucesso da cultura do girassol e quanto ao ciclo, às variedades precoces são colhidas aos 100 dias após a

emergência das plantas e as tardias aos 120 dias, dependendo das condições climáticas da região (CASTRO; CATIGLIONI; BALLA, 1996).

Os componentes de rendimento são definidos em diferentes estádios fenológicos e as condições ambientais, variáveis ao longo do ciclo do cultivo, afetam o rendimento através de distintos componentes, porém, um fator ambiental pode afetar um componente com intensidade diferente do outro, podendo haver a compensação dos diferentes componentes na produtividade (AGUIRREZÁBAL *et al.*, 2001). Estes autores relataram que a redução no número de capítulos pode ser compensada pelo aumento no número de sementes por capítulo e no peso das sementes. De acordo com Lira *et al.* (2011), a obtenção de altas produtividades vai depender do uso de cultivares adaptadas, quer sejam variedades ou híbridos e a utilização de um pacote tecnológico mais adequado.

2.2 O arranjo espacial das plantas

De modo geral o arranjo espacial da cultura, obtido pela combinação entre o espaçamento entre linha e o espaçamento entre plantas dentro da linha (densidade de plantio) afeta os componentes de rendimento e a produtividade das culturas. Segundo Zanine e Santos (2004), uma maior ou menor densidade de plantas gera um comportamento produtivo diferenciado. O estudo do arranjo das plantas permite definir sua melhor disposição na área de maneira a reduzir a competição por recursos do ambiente além de buscar maior eficiência no controle de plantas daninhas e adequar ao maquinário disponível (SILVA *et al.*, 1995).

Plantas submetidas a condições de sombreamento, devido ao aumento da densidade, podem alocar recursos para um rápido crescimento em extensão (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essa modificação no crescimento é resultante da manifestação da plasticidade fenotípica às condições do habitat (LARCHER, 2006), por isso, o estudo das características produtivas se faz necessário para que haja melhores interpretações das respostas adaptativas das plantas e conseqüentemente um melhor planejamento. Entender como as plantas detectam, respondem e se adaptam aos estímulos do ambiente é muito importante para a melhor exploração agrícola (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001). De acordo com Pivetta *et al.* (2012), a relação entre os componentes de produção acarretaram em uma resposta em produtividade.

Estudando arranjos espaciais, Silva e Nepomuceno (1991), concluíram que para cultivar de girassol precoce e de porte baixo, o melhor rendimento é obtido em densidades

superiores à recomendada para cultivar tardia. Rizzardi e Silva (1993), observaram que cultivar de girassol de ciclo curto e porte baixo apresenta maior potencial de rendimento de óleo sob densidades mais elevadas e que cultivares de ciclo longo e porte médio e alto expressam maiores rendimentos de óleo e grãos sob níveis mais baixos de densidade. Já Martin *et al.* (2012), não obtiveram diferenças na produtividade de genótipos de girassol cultivadas nos espaçamentos entre linhas de 0,4 e 0,8 m, sob a densidade de 55.000 plantas por hectare.

De acordo com Zanine e Santos (2004), as interações competitivas entre plantas são bastante complexas, ocorrendo interação entre as competições abaixo e acima do solo. Plantas portadoras de elevada velocidade de emergência e de crescimento inicial possuem vantagens na utilização dos recursos do meio (GUSTAFSON; GIBSON; NICKRENT, 2004). Brendolan, Pelegrini e Alves (2000), observaram que quando a nutrição não foi um fator limitante ao crescimento das plantas, a competição intraespecífica reduziu, em média, 23% o comprimento das raízes.

Os arranjos espaciais das plantas além de poder afetar significativamente os componentes de produção e a produtividade das culturas também podem afetar o potencial fisiológico das sementes, porém na literatura são escassas pesquisas com esta finalidade. Realidade esta que deve ser revista, pois, segundo Juliatti (2010), a semente é um dos componentes essenciais para a produção agrícola e de acordo com Scheeren *et al.* (2010), o vigor das sementes é um dos principais atributos da qualidade fisiológica a ser considerado na implantação de uma lavoura. Conforme Isely (1957), a germinação e vigor são dois aspectos de qualidade das sementes, que podem influenciar o rendimento da cultura através de efeitos diretos e indiretos.

2.3 Potencial fisiológico das sementes

Pesquisas na área de controle de qualidade de sementes de girassol são essenciais para o estabelecimento da cultura e se justifica pela potencialidade da espécie (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Deve-se levar sempre em consideração que o genótipo utilizado (MORAES *et al.*, 2012), a posição dos aquênios no capítulo (ALVES *et al.*, 2012) e os fatores ambientais (RADIĆ *et al.*, 2009) interferem na qualidade dos aquênios de girassol, além do manejo adotado.

Trabalhos envolvendo o manejo da cultura do girassol sobre o potencial fisiológico dos aquênios se pode citar o de Silva *et al.* (2011a), que observaram que a adubação com fósforo proporciona respostas positivas sobre o poder germinativo de aquênios de girassol da variedade Embrapa 122, enquanto Goya e Sader (1990) não obtiveram respostas significativas com o cultivar IAC-Anhandy. Com este cultivar Campos e Sader (1987) também não observaram efeito da adubação com potássio e Bonacin *et al.* (2009), do boro para a variedade Embrapa 122.

O potencial germinativo de um lote de sementes, avaliado pelo teste padrão de germinação, é o principal parâmetro utilizado para a comercialização de sementes. Para cada espécie existem as especificações técnicas para o teste padrão de germinação que podem ser encontradas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Porém, este teste não informa sobre o real potencial fisiológico das sementes, ou seja, a capacidade que as sementes têm em germinar sobre condições ambientais que se afastam das ideais para a espécie. Por isso, em condições de campo os resultados de emergência das plântulas frequentemente podem ser considerados inferiores aos observados para a germinação em laboratório (DELOUCHE; BASKIN, 1973; PESKE; ROSENTHAL; ROTA, 2003).

Segundo Marcos Filho (2001), o estabelecimento das plântulas após a semeadura e o início do desenvolvimento da lavoura representa, talvez, o principal parâmetro balizador da qualidade da semente, sob o ponto de vista do consumidor. Por isso, as empresas produtoras e os laboratórios de análise de sementes, devem utilizar testes que ofereçam resultados reproduzíveis, confiáveis e que indiquem, com segurança, a qualidade de um lote de sementes, principalmente no que se refere ao vigor (FRIGERI, 2007). No conceito de vigor várias características devem ser englobadas, as quais estão todas associadas com vários aspectos do comportamento da semente durante o armazenamento, a germinação e o desenvolvimento da plântula no campo.

De acordo a International Seed Testing Association (ISTA), o vigor de sementes é um índice do grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica de um lote de sementes de alta germinação, representando sua ampla habilidade de estabelecimento no ambiente (HAMPTON; TEKRONY, 1995 *apud* FRIGERI, 2007). Enquanto que para a Association of Official Seed Analysts (AOSA), os testes de vigor servem para estimar o provável comportamento da semente quando ocorre deterioração, seja com base na atividade metabólica real ou de partes constituintes da semente (BAALBAKI; R. *et al.*, 2009 *apud*

SILVA; PAZETO; VIEIRA, 2012), ou simplesmente pode ser entendido com o inverso da deterioração (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO, 2001).

A qualidade das sementes pode refletir decisivamente no estabelecimento de uma população inicial, nas várias fases do desenvolvimento da planta e na produtividade. Em suma, a partir do teste de germinação e dos testes de vigor busca-se distinguir entre lotes de alto e baixo vigor a fim de se obter, a partir dos melhores lotes, um bom desempenho das plantas em campo, tornando o empreendimento agrícola mais rentável, pois a probabilidade que se tenha melhores e uniformes níveis de germinação como também um maior desenvolvimento, vegetativo e reprodutivo, da cultura a partir de lotes de maior vigor é maior do que com o uso de lotes de menor vigor.

A germinação e vigor são dois aspectos de qualidade das sementes, que podem influenciar o rendimento da cultura através de efeitos diretos e indiretos (ISELY, 1957). Os efeitos indiretos incluem aqueles sobre a percentagem de emergência e o tempo decorrido entre a semeadura e a emergência. Esses influenciam o rendimento por alterações na população de plantas, arranjo espacial e duração do ciclo da cultura. Efeitos diretos estariam relacionados à capacidade diferenciada de plântulas acumularem matéria seca, em função da variação no nível de vigor das sementes. De acordo com Perry (1978), o vigor de sementes envolve aspectos de desempenho que incluem taxa e uniformidade de germinação de sementes e crescimento de plântulas, emergência e crescimento de plântulas no campo, habilidade de emergência de plântulas sob condições ambientais desfavoráveis, podendo afetar o crescimento e o rendimento.

Avaliando o crescimento de plantas de girassol em função do vigor de aquênios, Braz e Rossetto (2009a), observaram que os aquênios de menor vigor produziram plantas com menor fitomassa seca e índice de área foliar, refletindo em redução no crescimento da cultura. Sementes de menor vigor reduzem, retardam e desuniformizam a emergência no campo de aveia preta (SCHUCH *et al.*, 2000). A utilização de sementes de melhor qualidade fisiológica também refletiu positivamente no rendimento de grãos da cultura da soja (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005; PANAZZO *et al.*, 2009), do milho (DIAS; MONDO; CICERO, 2010), do arroz (HÖFS *et al.*, 2004), da aveia preta (SCHUCH; KOLCHINSKI; CANTARELLI, 2008) entre outras.

Dessa forma diversos testes de vigor foram e estão em desenvolvimento e de acordo com Marcos Filho (1999a), estes testes têm se constituído em ferramentas de uso mais rotineiro pela indústria de sementes com objetivos básicos de avaliar ou detectar diferenças

significativas na qualidade de lotes com germinação semelhante, distinguindo lotes de alto e baixo vigor e separando lotes em diferentes níveis de vigor. Estes testes devem estar pautados em uma teoria consistente e devem atender os seguintes requisitos, simplicidade, rapidez, baixo custo, objetivo, reproduzível e com resultados relacionados com a emergência das plântulas em campo (MARCOS FILHO, 1999a).

Alguns aspectos devem ser observados para garantir que os objetivos básicos sejam atendidos tais como: o vigor reflete de um conjunto de características o que dificulta o desenvolvimento de apenas um teste, identificar a característica avaliada por determinado teste e relacionar a resposta da semente com seu comportamento em campo ou armazenada, a classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor pode ser alterado de acordo com o teste, os resultados do vigor são apenas comparativos e muitos fatores afetam os resultados o que dificulta a padronização dos testes (MARCOS FILHO, 1999a).

De acordo com a classificação de McDonald (1975 *apud* MARCOS FILHO, 1999a), os testes de vigor podem ser classificados em testes físicos (tamanho, peso unitário, densidade e coloração das sementes e raio X), testes fisiológicos (classificação do vigor das plântulas, primeira contagem da germinação, velocidade de germinação ou de emergência das plântulas, transferência de matéria seca, teste de exaustão e crescimento das plântulas), testes bioquímicos (respiração, tetrazólio, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, aldeídos voláteis e ácidos graxos livres) e testes de resistência (germinação a baixa temperatura, imersão em água quente, submersão, solução osmótica, soluções tóxicas às sementes, tijolo moído, envelhecimento acelerado e teste de frio).

Na literatura já existem especificações técnicas para diversos testes de vigor como, por exemplo, os baseados no desempenho das plântulas como a velocidade de germinação, a primeira contagem de germinação, o crescimento das plântulas e a classificação do vigor das plântulas (NAKAGAWA, 1999), envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999b), condutividade elétrica (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), teste de frio (BARROS *et al.*, 1999), deterioração controlada (KRZYZANOWSKI; VIEIRA, 1999), germinação a baixa temperatura (DIAS; ALVARENGA, 1999) e tetrazólio (FRANÇA NETO, 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em campos experimentais e em laboratórios da Universidade Federal do Ceará (UFC) e para isso utilizou-se a variedade de girassol Embrapa 122 de ciclo precoce, porte baixo, alta produtividade, tolerante à seca (AMORIM *et al.*, 2008) e com teor de óleo variando de 40% a 45% (RIBEIRO, 2008).

3.1 Cultivo do girassol

As plantas de girassol foram cultivadas na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia (AEDF), no Campus do Pici (3° 44' de latitude Sul, 38° 33' a oeste de Greenwich e 19,5 m de altitude), em Fortaleza-CE, e na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) (3°47' de latitude Sul, 39°16' a oeste de Greenwich e 45 m de altitude), em Pentecoste-CE, ambas pertencentes à Universidade Federal do Ceará (UFC).

Os tipos de solos utilizados, segundo a classificação da Embrapa (2006), são do tipo Argissolo Vermelho Amarelo na AEDF, em Fortaleza, e Planossolo na FEVC, em Pentecoste. Previamente ao preparo das áreas experimentais, que consistiu em aração e gradagem, retiraram-se amostras nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do perfil com o objetivo de caracterizá-las quanto as propriedade físico-química as quais podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises físico-químicas na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia (1), em Fortaleza, e na Fazenda Experimental Vale do Curu (2), em Pentecoste, nas camadas de 0-20 (♦) e 20-40 (■) cm de profundidade do perfil previamente a instalação do experimento, 2012

Área	Atributos Químicos											m	V	M.O.
	pH (1:2,5 H ₂ O)	CE dS m ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	P ⁵⁺ mg kg ⁻¹			
1 ♦	6,4	0,11	0,90	1,00	0,09	0,05	0,05	0,33	2,04	2,37	4	2	83	0,64
1 ■	6,3	0,11	1,10	0,60	0,08	0,05	0,06	0,17	1,84	0,23	5	3	90	0,63
2 ♦	5,2	0,17	0,80	1,40	0,13	0,35	0,04	0,99	2,37	3,36	4	13	71	0,76
2 ■	5,1	0,10	0,50	1,10	0,09	0,50	0,02	1,16	1,71	2,87	3	23	59	0,38

Área	Atributos Físicos							Classe textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	Densidade do solo	Densidade da partícula	
		g kg ⁻¹			g cm ⁻³			
1 ♦	248	607	74	71	34	1,36	2,61	Areia Franca
1 ■	388	431	89	92	64	1,39	2,61	Areia Franca
2 ♦	363	477	114	46	22	1,58	2,65	Areia Franca
2 ■	420	486	51	43	14	1,56	2,68	Areia

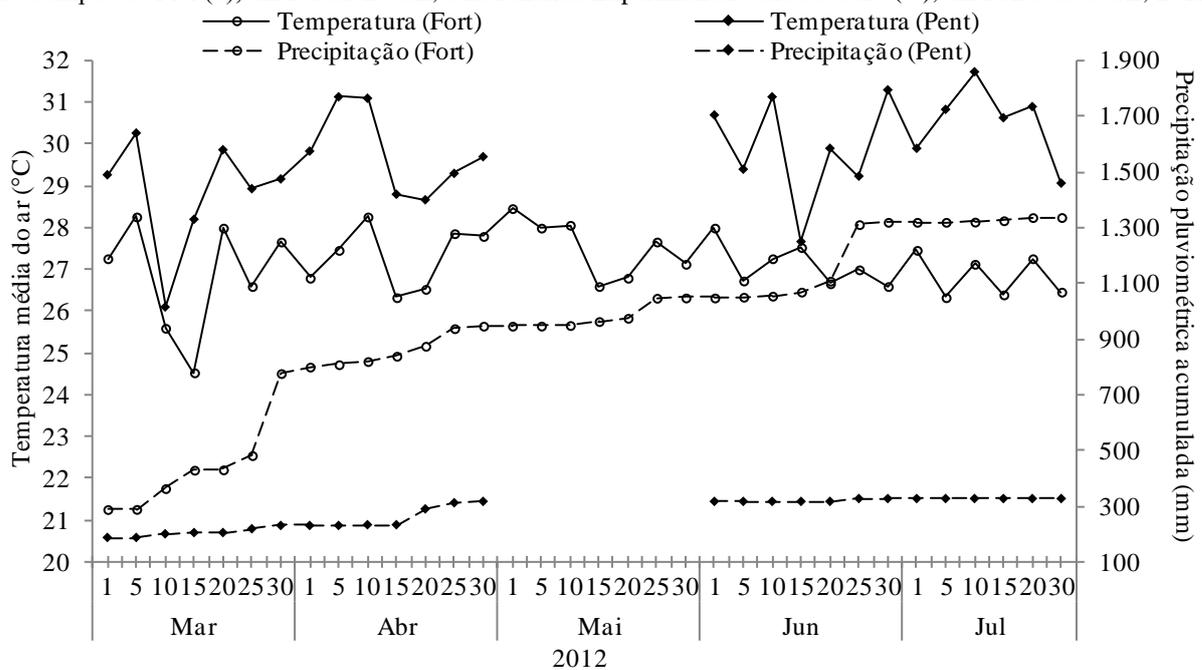
Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

A adubação consistiu na aplicação de ureia (45% de nitrogênio), superfosfato simples (20% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O) na recomendação de 50:50:40, correspondentes ao N, ao P_2O_5 e ao K_2O , respectivamente (LIRA *et al.*, 2011). A adubação com fósforo e potássio foi realizada em fundação. Já o nitrogênio foi aplicado de forma parcelada, sendo um terço na adubação de fundação e o restante em cobertura aos 35 dias após a semeadura juntamente com a adubação na dose de 2 kg ha^{-1} de boro, tendo como fonte o ácido bórico (17% B).

A semeadura foi realizada de forma manual. Na FEVC, em Pentecoste, o trabalho foi instalado no 15 de março de 2012 e conduzido em sequeiro, enquanto que na AEDF, em Fortaleza, a semeadura ocorreu em 15 de abril de 2012 e utilizou-se de irrigações suplementares. As plantas daninhas foram controladas através de capinas manuais.

Quanto à classificação climática, conforme Köppen, o município de Fortaleza está inserido no tipo Aw', tratando-se de um clima tropical chuvoso (AGUIAR *et al.*, 2004a), enquanto que em Pentecoste predomina o tipo BSw'h', ou seja, grupo de clima semiárido seco com uma pequena temporada úmida (AGUIAR *et al.*, 2004b). Os dados meteorológicos da temperatura média do ar e da precipitação pluviométrica acumulada nas áreas experimentais durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

Figura 1 - Dados meteorológicos de temperatura média do ar (—) e precipitação pluviométrica acumulada (----) no Campus do Pici (o), em Fortaleza-CE, e na Fazenda Experimental Vale do Curu (◆), em Pentecoste-CE, 2012



Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

Os tratamentos foram compostos pelas combinações entre quatro espaçamentos entre linhas (0,30; 0,50; 0,70 e 0,90 m) e quatro densidades de plantio (30.000; 45.000; 60.000 e 75.000 plantas por hectare), totalizando 16 tratamentos que foram distribuídos em quatro blocos casualizados e a unidade experimental foi constituída por uma parcela de 6 metros de comprimento e quatro linhas distanciadas conforme o espaçamento entre linhas, sendo a área útil às duas linhas centrais excluindo-se as plantas das extremidades dessas linhas.

3.1.1 Características vegetativas

Em cada parcela foram marcadas quatro plantas nas quais se avaliaram aos 42 e aos 70 dias após a semeadura o diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), com o auxílio de paquímetro digital e o comprimento da haste (CH), com uma trena milimetrada. Também se avaliaram aos 42 dias após a semeadura o número de folhas (NF), considerando folhas somente aquelas que estavam expandidas e com no mínimo de 50% do limbo foliar, área foliar (AF), conforme metodologia descrita por Ashley, Doss e Vennett (1963) e descrita a seguir:

$$AF = C \times L \times N \times f, \text{ sendo:}$$

AF = área foliar – cm² por planta;

C = comprimento médio das folhas – cm (média de cinco folhas);

L = maior largura da folha – cm (média de cinco folhas);

N = número de folhas por planta – n° e;

f = fator de correção – 0,5852 (AQUINO *et al.*, 2011).

O índice de área foliar (IAF) foi determinado através da relação entre a área foliar da planta pela área que a mesma ocupava no terreno (WATSON, 1947).

3.1.2 Componentes de produção

Aos 98 dias após a semeadura foi realizada a colheita dos capítulos de girassol os quais foram encaminhados ao Laboratório de Fisiologia da Produção do Departamento de

Fitotecnia do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, onde foram quantificados os capítulos colhidos (CC) e, em uma amostra de quatro capítulos por parcela determinado o diâmetro do capítulo (DC), obtido pela média entre duas medidas paralelas entre si com o auxílio de paquímetro e as massas do capítulo (MC) e de aquênios por capítulo (MAC) através da aferição da massa da matéria fresca em balança de precisão.

Também foram determinados a massa de 100 aquênios (M100A), a partir de uma amostra de 100 aquênios por parcela, os aquênios por capítulo (AC), estimados a partir das médias da massa de aquênios por capítulo e a massa de 100 aquênios, a produtividade (PROD), obtida a partir da massa da matéria fresca de aquênios por parcela convertido posteriormente para hectare e corrigida para 12% de umidade. A correção da umidade foi realizada logo em seguida da colheita, sendo utilizadas duas amostras de 50 sementes por parcela de acordo com o método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009).

Nos aquênios de girassol foi determinado o teor de óleo, obtido pelo método por solvente (hexano) à quente em determinador de gordura TE – 044 (TECNAL), utilizando uma amostra macerada de 5 g por parcela (ZENEBOON; PASCUET; TIGLEA, 2008). Além das variáveis supracitadas foi determinado o índice de colheita (IC), através da relação entre a produção de massa seca economicamente rentável pela massa produzida (LARCHER, 2006), como segue:

$$\text{IC (\%)} = \frac{\text{Matéria seca de aquênios (g)}}{\text{Matéria seca total (g)}} \times 100$$

3.2 Potencial fisiológico dos aquênios

O beneficiamento dos capítulos foi realizado de forma manual e os aquênios das parcelas de mesmo tratamento foram misturados, constituindo 16 lotes por área experimental. Em seguida, os aquênios de girassol foram encaminhados para Laboratório de Análises de Sementes (LAS) do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza. Neste laboratório foram conduzidos os seguintes testes:

Teor de água nos aquênios: utilizou-se quatro amostras de 50 aquênios para cada tratamento, pelo método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Germinação: conduzido com quatro amostras de 50 aquênios por tratamentos, em papel germiteste umedecido com água na proporção de 2,5 vezes a massa seca do substrato.

Para cada repetição foram utilizadas três folhas e os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em germinador do tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) a temperatura de 25°C e fotoperíodo de 8 horas de luz e 16 horas de escuro, sendo a contagem das plântulas normais realizada no décimo dia após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação: realizado concomitante ao teste de germinação, sendo a contagem das plântulas normais realizada no quarto dia após a instalação do teste de germinação (BRASIL, 2009).

Condutividade elétrica (CE): foram separadas quatro amostras de 50 aquênios por tratamento, aferidas suas massas e posteriormente colocadas em copos plásticos com capacidade para 200 ml e embebidas em 75 mL de água destilada. Em seguida, as amostras permaneceram em germinador do tipo B.O.D. por 24 horas a temperatura de 25°C sendo, a medida da condutividade elétrica da água de embebição conferida após uma leve agitação da água (10 – 15 segundos) em um condutivímetro e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Envelhecimento acelerado (EA): foram separados 220 aquênios de girassol por tratamento, os quais foram distribuídos sobre o telado de caixas gerbox que continham logo abaixo do telado 40 mL de água destilada. Após a distribuição dos aquênios, os gerbox foram fechados e permaneceram em germinador do tipo B.O.D. calibrado a 42°C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999b). Após esse período de envelhecimento, cada amostra foi dividida em quatro subamostras de 50 aquênios cada para realização do teste de germinação sendo a contagem das plântulas normais realizadas quatro dias após a instalação da germinação (BRASIL, 2009).

Emergência de plântulas: realizada com quatro amostras de 50 aquênios por tratamento, sendo que cada repetição foi semeada em uma bandeja plástica com capacidade para sete litros e tendo vermiculita como substrato. A contagem das plântulas emergidas foi realizada aos 15 dias após a semeadura, considerando como emergidas aquelas que possuíam os cotilédones totalmente livres do substrato.

Comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR): ao final do teste de emergência, 15 dias após a semeadura, foram retiradas aleatoriamente 20 plântulas normais e separadas em parte aérea e raiz através de um corte na inserção do colo, sendo medido seu comprimento com auxílio de régua graduada em milímetros.

Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) e da raiz (MMSR): obtida pela determinação da massa da matéria seca da parte aérea e da raiz de uma amostras de 20

plântulas provenientes do teste de emergência, colhidas aos 15 dias após a semeadura e secas em estufa com circulação de ar a 65°C até atingir peso constante.

3.3 Análises estatísticas

Os resultados de cada área experimental foram submetidos à análise de variância sendo, em seguida, avaliados quanto à homogeneidade dos erros através da relação entre o maior e o menor erro (BANZATTO; KRONKA, 2006). Estabelecida à homogeneidade dos erros procedeu-se a análise conjunta por meio da análise de variância e de regressão polinomial, utilizando-se o teste F ($p < 0,05$) para se verificar a significância dos fatores, como também de suas interações e dos ajustes dos dados às equações de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características vegetativas

Na Tabela 2 observa-se o resumo das análises de variância e de regressão das características vegetativas, diâmetro do caule ao nível do solo, comprimento da haste, número de folhas, área foliar total e índice de área foliar de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 cultivadas em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia (AEDF), em Fortaleza, e na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), em Pentecoste.

Para o diâmetro do caule ao nível do solo, independentemente da época de avaliação, as interações entre os fatores estudados foram não significativas (Tabela 2). Aos 42 dias após a semeadura o espaçamento entre linhas, a densidade de plantio e o local de cultivo, isoladamente, afetaram significativamente esta variável. Em relação ao local de cultivo, os diâmetros foram, em média, de 12,33 e 13,02 mm por planta quando o cultivo foi realizado na AEDF, em Fortaleza, e na FEVC, em Pentecoste, respectivamente. Já aos 70 dias após a semeadura apenas o fator densidade de plantio impôs diferenças significativas e a média foi de 12,93 mm. As análises desses dados em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio podem ser observadas na Figura 2.

Os dados de crescimento do caule em diâmetro ao nível do solo aos 42 dias após a semeadura em função do espaçamento entre linhas na AEDF, em Fortaleza, não se ajustaram aos modelos de regressão testados sendo apresentado em termos médios (Figura 2A). Já na FEVC, em Pentecoste, estima-se um crescimento de 0,33 mm por planta para cada aumento de 0,1 m entre linhas (Figura 2A). Na avaliação realizada aos 70 dias após a semeadura, independentemente do local de cultivo, estima-se um crescimento de 0,18 mm por planta para cada acréscimo de 0,1 m no espaçamento (Figura 2C). Já em função da densidade de plantio nas avaliações realizadas aos 42 e 70 dias após a semeadura estima-se que os diâmetros do caule ao nível do solo das plantas decresçam (Figura 2B e D, respectivamente), independentemente do local de cultivo.

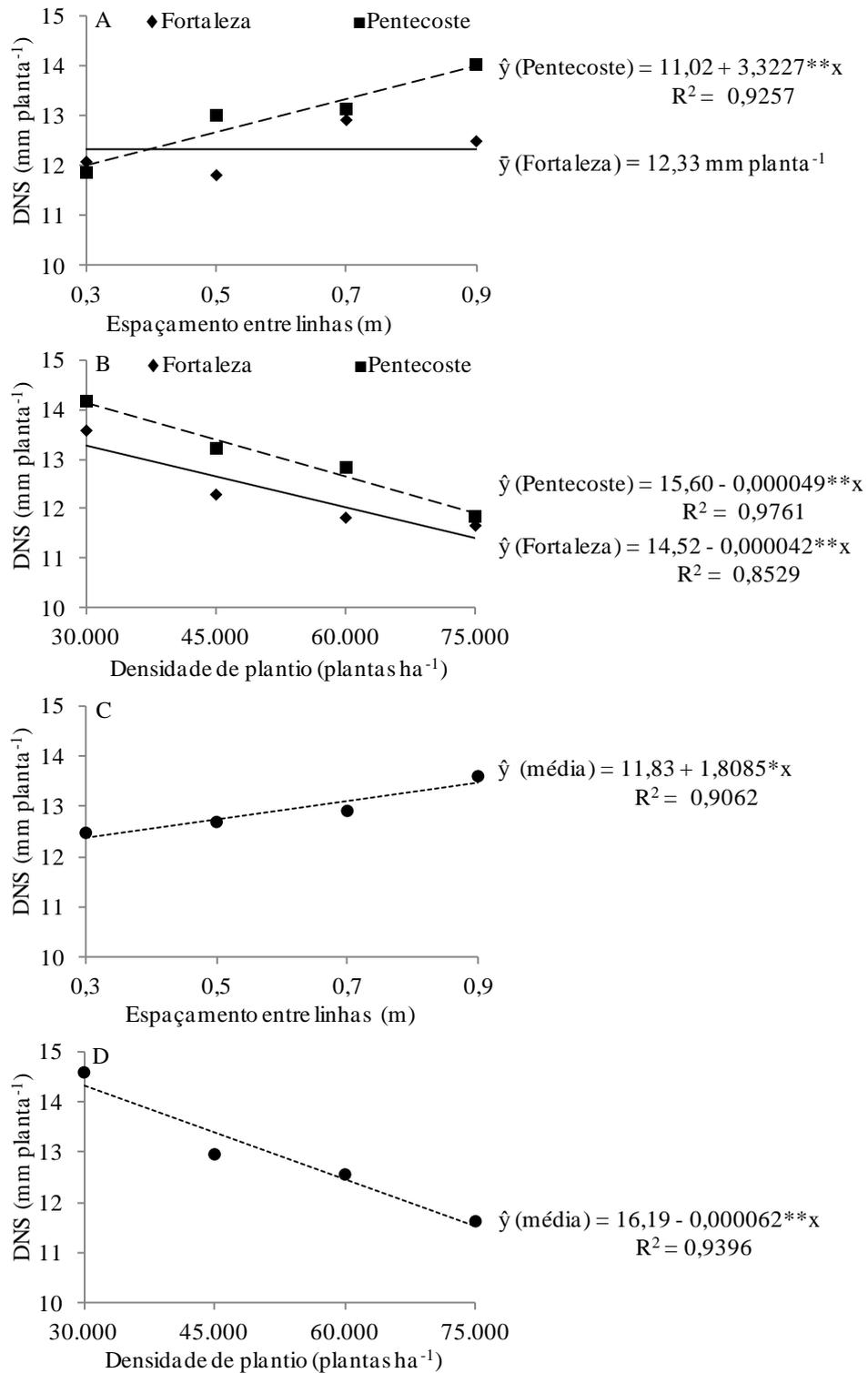
Tabela 2 - Resumo das análises de variância e de regressão das variáveis: diâmetro do caule ao nível do solo aos 42 dias e aos 70 dias após a semeadura (DNS-42 e DNS-70, respectivamente), comprimento da haste aos 42 dias e aos 70 dias após a semeadura (CH-42 e CH-70, respectivamente) e número de folhas (NF-42), área foliar (AF-42) e índice de área foliar (IAF-42) aos 42 dias após a semeadura de girassol da variedade Embrapa 122 em função do arranjo espacial das plantas (espaçamento e densidade) e dos locais de cultivo (Fortaleza e Pentecoste – CE), 2012

Fonte de Variação	gl	Quadrado Médio						
		DNS-42	DNS-70	CH1-42	CH-70	NF-42	AF-42	IAF-42
Bloco (local)	6	7,094	19,699	1.099,001	1.141,250	4,320	987.457,49	0,191
Espaçamento (E)	3	10,546**	7,326 ^{ns}	1.764,428 ^{ns}	500,151*	9,533*	1.104.331,24*	0,218*
Densidade (D)	3	26,016**	50,715**	561,101 ^{ns}	256,113 ^{ns}	6,559 ^{ns}	5.053.780,45**	3,068**
E x D	9	2,524 ^{ns}	5,378 ^{ns}	573,324 ^{ns}	115,941 ^{ns}	1,111 ^{ns}	299.994,82 ^{ns}	0,058 ^{ns}
Local (L)	1	13,626*	11,205 ^{ns}	14.061,009**	2.400,637**	109,543**	1.543.391,05*	0,462*
L x E	3	4,959 ^{ns}	3,255 ^{ns}	1.033,642 ^{ns}	417,049 ^{ns}	3,969 ^{ns}	516.971,08 ^{ns}	0,102 ^{ns}
L x D	3	1,104 ^{ns}	3,272 ^{ns}	1.484,655 ^{ns}	235,762 ^{ns}	7,450 ^{ns}	180.233,34 ^{ns}	0,121 ^{ns}
L x E x D	9	1,608 ^{ns}	0,750 ^{ns}	928,419 ^{ns}	75,999 ^{ns}	3,054 ^{ns}	286.887,76 ^{ns}	0,072 ^{ns}
Erro	87	2,595	2,924	762,404	155,860	3,323	353.109,07	0,077
Média		12,68 mm planta ⁻¹	12,93 mm planta ⁻¹	81,2 cm planta ⁻¹	117,0 cm planta ⁻¹	21,4 folhas planta ⁻¹	2.452,28 cm ² planta ⁻¹	0,077 m ² m ⁻² planta ⁻¹
CV (%)		12,70	13,23	34,01	10,67	8,51	24,23	22,69
Regressões – Espaçamento								
Linear/Fortaleza	1	3,749 ^{ns}	3,958 ^{ns}	2.283,099 ^{ns}	497,802 ^{ns}	12,967 ^{ns}	499.572,119 ^{ns}	0,106 ^{ns}
Quadrático/Fortaleza	1	0,301 ^{ns}	0,776 ^{ns}	1.218,934 ^{ns}	22,044 ^{ns}	0,510 ^{ns}	18.806,636 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Linear/Pentecoste	1	35,329**	17,937*	1.058,513 ^{ns}	519,776 ^{ns}	7,970 ^{ns}	3.469.585,266**	0,662**
Quadrático/Pentecoste	1	0,270 ^{ns}	0,593 ^{ns}	33,063 ^{ns}	37,007 ^{ns}	8,266 ^{ns}	20.718,460 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Regressões – Densidade								
Linear/Fortaleza	1	31,664**	65,096**	2.022,664 ^{ns}	41,199 ^{ns}	13,464*	5.322.351,376**	5,531**
Quadrático/Fortaleza	1	5,323 ^{ns}	13,926*	1.033,019 ^{ns}	254,707 ^{ns}	13,068*	1.688.960,558*	0,151 ^{ns}
Linear/Pentecoste	1	43,552**	78,712**	328,050 ^{ns}	383,542 ^{ns}	1,250 ^{ns}	6.842.684,181**	3,516**
Quadrático/Pentecoste	1	0,001 ^{ns}	0,328 ^{ns}	328,516 ^{ns}	1,410 ^{ns}	3,516 ^{ns}	167.990,765 ^{ns}	0,033 ^{ns}
Regressões – Espaçamento Linear x Densidade Linear								
Fortaleza	1	0,743 ^{ns}	0,339 ^{ns}	2.475,030 ^{ns}	14,715 ^{ns}	0,615 ^{ns}	3.821,959 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Pentecoste	1	2,514 ^{ns}	0,429 ^{ns}	273,903 ^{ns}	0,267 ^{ns}	1,076 ^{ns}	458.186,330 ^{ns}	0,025 ^{ns}

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor

Figura 2 - Diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre plantas e em função da densidade de plantio aos 42 (A e B, respectivamente) e aos 70 (C e D, respectivamente) dias após a semeadura na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (♦), na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), e média das duas áreas (●), 2012



** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Observou-se que a maior competição intraespecífica, resultante tanto de um menor espaçamento entre linhas como de uma maior densidade de plantio, diminui o diâmetro do caule ao nível do solo. Essa modificação no crescimento é resultante da manifestação da plasticidade fenotípica às condições do habitat (LARCHER, 2006). Avaliando genótipos de girassol cultivadas na população de 42.000 plantas por hectare, Amorim *et al.* (2008), obtiveram para a variedade Embrapa 122 o diâmetro médio de 18 mm, enquanto que, Backes *et al.* (2008), em um arranjo de 40.000 plantas por hectare obtiveram 22,03 e 25,61 mm nos experimentos semeados em Janeiro e Fevereiro de 2007 no município de Papanduva-SC, respectivamente, não diferindo dos outros genótipos em cada ensaio. Já Braz e Rossetto (2009b), avaliando o desempenho de girassol em resposta ao vigor dos aquênios obtiveram 19,11 e 25,54 mm de diâmetro do caule nas avaliações realizadas aos 40 e aos 80 dias após a semeadura.

As interações entre os fatores estudados foram não significativas nas avaliações do comprimento da haste de girassol da variedade Embrapa 122 e, isoladamente apenas o local de cultivo afetou esta variável nas duas épocas avaliadas e o espaçamento entre plantas na avaliação realizada aos 70 dias após a semeadura (Tabela 2). Na AEDF, em Fortaleza, o comprimento médio da haste aos 42 dias após a semeadura foi de 92,5 cm, sendo superior aos 70,4 cm, obtido na FEVC, em Pentecoste. Essa diferença se corrobora aos 70 dias, com as respectivas médias 121,4 e 112,9 cm. As análises desses dados em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio não se ajustaram aos modelos de regressão.

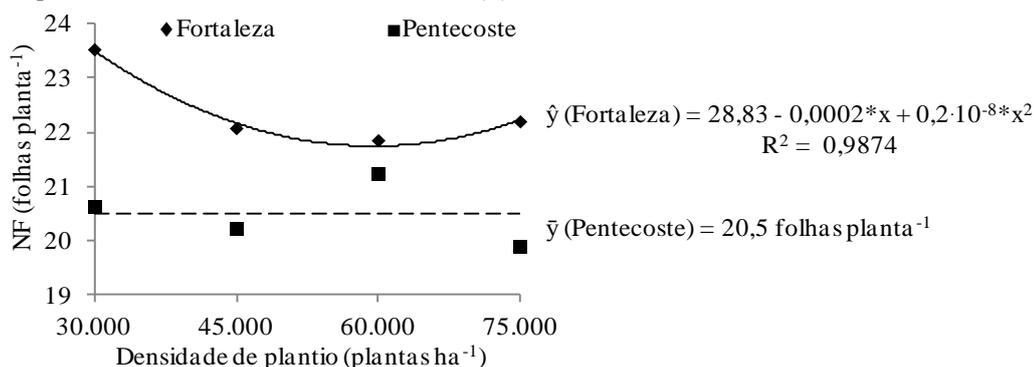
Uma das estratégias utilizadas por plantas classificadas como de sol é a alocação de recursos para um rápido crescimento em extensão, quando submetidas a condições de sombreamento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Como podemos observar o comprimento da haste das plantas de girassol não sofreu efeito dos arranjos espaciais (Tabela 2), podendo as diferenças do crescimento estarem mais relacionadas à precipitação pluviométrica (Figura 1), pois a radiação e a temperatura só prejudicam a cultura com valores muito altos (ZAFFARONI; SILVA; AZEVEDO, 1994).

Segundo Arnabli, Guimarães e Farias Neto (2003), a variedade de girassol Embrapa 122 possui uma menor altura quando comparada com os outros genótipos avaliados, no entanto possui crescimento inicial superior. Para esses mesmos autores o crescimento em altura dessa variedade é limitada quando a saturação por bases ultrapassa 57%. Dessa forma, a baixa precipitação pluviométrica (Figura 1) e a elevada saturação por base (Tabela 1) podem ter comprometido o crescimento das plantas. Nos trabalhos de Heckler (2002), Backes *et al.*

(2008) e Braz e Rossetto (2009b), a altura das plantas foram respectivamente de 124, 178 e 170 cm, superiores aos evidenciados nesta pesquisa.

O número de folhas em plantas de girassol da variedade Embrapa 122 aos 42 dias após a semeadura foi afetado apenas pelos fatores local de cultivo e espaçamento entre linhas, de forma isolada, e todas as interações estudadas foram não significativas (Tabela 2). A maior média obteve-se na AEDF, em Fortaleza, sendo de 22,4 folhas por planta, enquanto que, na FEVC, em Pentecoste, o número médio de folhas por plantas foi de 20,5. Esses dados em função do espaçamento entre linhas não se ajustaram aos modelos de regressão testados. Já em função da densidade de plantio obteve-se modelo significativo apenas para uma das áreas de cultivo (Figura 3).

Figura 3 - Número de folhas em plantas de girassol da variedade Embrapa 122 aos 42 dias após a semeadura em função da densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (♦), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012



** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

Na AEDF, em Fortaleza, estima-se uma redução de 17% no número de folhas por planta com o aumento da população de 30.000 para 50.000 plantas por hectare (Figura 3). Já na FEVC, em Pentecoste, a produção de folhas não se ajustou aos modelos de regressão testados, obtendo-se, em média, 20,5 folhas por planta. As folhas exercem importantes funções, destacando-se por ser um dos principais órgãos pelos quais as plantas normalmente competem pela luz solar, absorvendo-a e influenciando as taxas fotossintéticas e o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Avaliando cultivares de girassol no município de Gurupi-TO, Afférri *et al.* (2008), observaram que a época de semeadura foi determinante, encontrando o maior número de folhas por planta quando a semeadura foi realizada no início do mês de janeiro de 2006 (24,6 folhas) e o menor no final do mês de novembro de 2005 (20,5 folhas). Já Amorim *et al.* (2008), avaliando apenas cultivares obtiveram para a variedade de girassol Embrapa 122, em

média, 28 folhas por planta, enquanto que, Braz e Rossetto (2009b), encontraram para esta mesma variedade médias de 25,35 e 11,93 folhas por planta aos 40 e 80 dias após a semeadura, respectivamente. Silva *et al.* (2010a), variando o espaçamento entre 0,5 a 0,9 m, na população de 40.000 plantas por hectare, não obtiveram diferença para o número de folhas de girassol HLS 07.

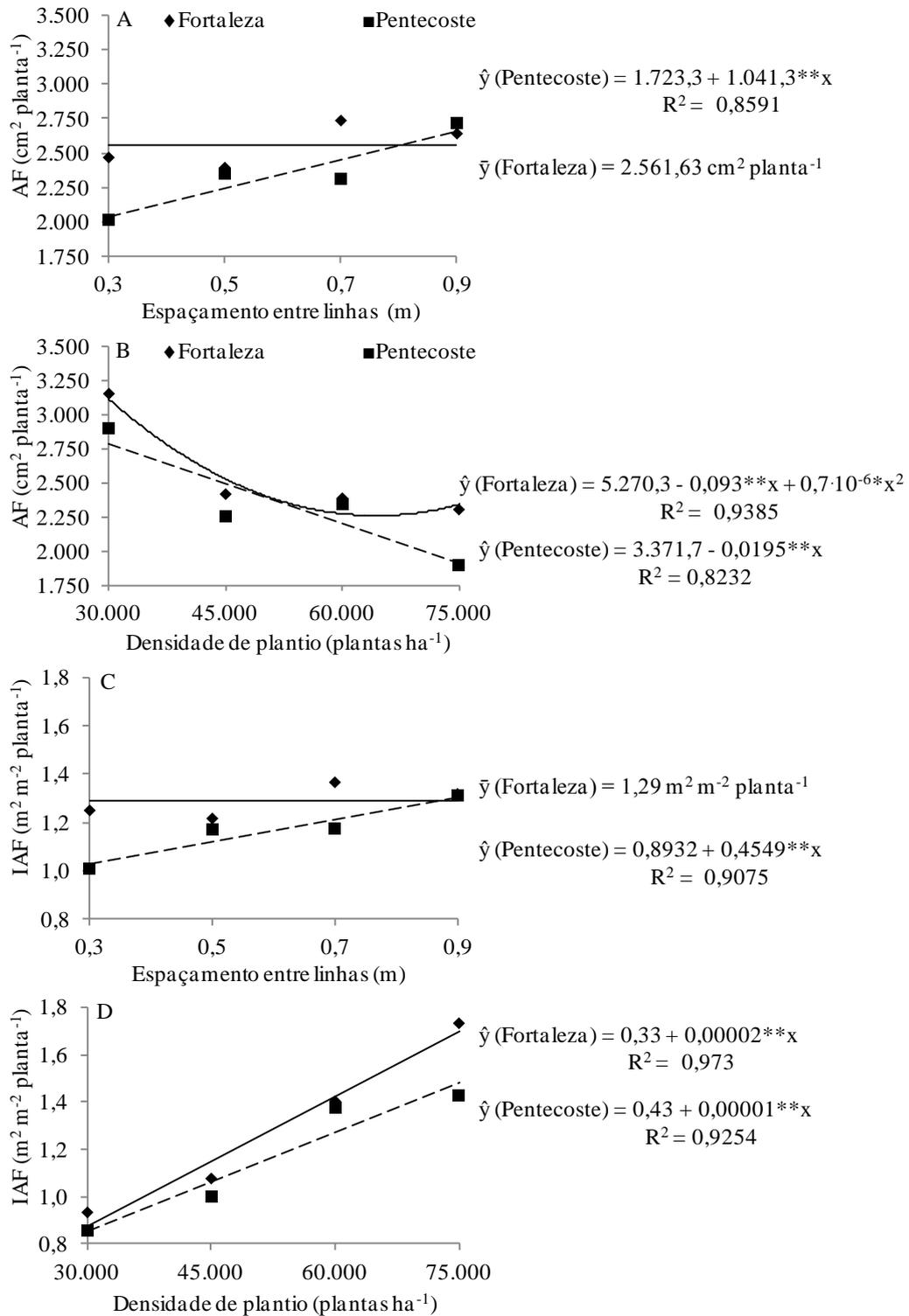
Para a área foliar e para o índice de área foliar, avaliados aos 42 dias após a semeadura em girassol da variedade Embrapa 122, não foram observados interações para o espaçamento entre linhas, a densidade de plantio e o locais de cultivo, porém, isoladamente estes fatores afetaram ambas variáveis (Tabela 2). As plantas cultivadas na AEDF, em Fortaleza, possuíam, em média, 2.561,63 cm² por planta e 1,29 m² m⁻² por planta de área foliar e de índice de área foliar, respectivamente, sendo superiores as médias obtidas na FEVC, em Pentecoste, que foram de 2.348,05 cm² por planta para a área foliar e de 1,17 m² m⁻² por planta para o índice de área foliar. As análises em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio podem ser observadas na Figura 4.

A área foliar em função do espaçamento entre linhas não se ajustou aos modelos de regressão testados quando cultivadas na AEDF, em Fortaleza, sendo apresentada em termos médios (Figura 4A). Já na FEVC, em Pentecoste, estima-se que ocorra um acréscimo em área foliar na taxa de 104,13 cm² por planta para cada acréscimo unitário no espaçamento.

Para a densidade de plantio, observou-se que a área foliar das plantas cultivadas na AEDF, em Fortaleza, decresce até uma população estimada de 66.429 plantas por hectare, enquanto que, na FEVC, em Pentecoste, esse decréscimo é constante, estimado em 19,5 cm² por planta para cada acréscimo de 1.000 plantas por hectare (Figura 4B).

De acordo com Ribeiro (2008), plantas de girassol geralmente possuem de 20 a 40 folhas com área foliar total de 0,9 m² quando cultivadas em solos profundos e sem deficiência hídrica ou nutricional. Valor este superior aos supracitados para a variedade Embrapa 122 que, em média, foi de 0,25 m² (Tabela 2), sendo que a diminuição da área foliar é considerada uma resposta precoce ao déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2013). Silva *et al.* (2010a), também encontraram baixo valor de área foliar que, em média, foi de 0,16 m² por planta ao avaliar o espaçamento entre plantas do genótipo HLS 07 na população de 40.000 planta por hectare. Estes autores não observaram efeito no espaçamento entre linhas que variou de 0,5 a 0,9 m.

Figura 4 - Área foliar (A e B) e índice de área foliar (C e D) em plantas de girassol da variedade Embrapa 122 aos 42 dias após a semeadura em função do espaçamento entre plantas e em função da densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012



** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

O índice de área foliar em função do espaçamento entre linhas seguiu o mesmo comportamento observado para a área foliar onde, na AEDF em Fortaleza, os dados não se ajustaram aos modelos de regressão, enquanto que, na FEVC, em Pentecoste, estima-se um acréscimo linear na taxa de $0,045 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ por planta para cada acréscimo de 0,1 m no espaçamento entre linhas (Figura 4C).

Quanto à densidade de plantio, observou-se que à medida que houve aumento na densidade populacional ocorreram acréscimos nos índices de área foliar, estimados em 0,02 e $0,01 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ por planta para cada acréscimo de 1.000 plantas por hectare quando o cultivo foi realizado na AEDF, em Fortaleza, e na FEVC, em Pentecoste, respectivamente (Figura 4D).

De acordo com Larcher (2006), um aumento na taxa de produção pode ser obtido aumentando-se o índice de área foliar que reflete a densidades das folhas, pois há uma maior disponibilidade de superfície fotossinteticamente ativa. Braz e Rossetto (2009a) obtiveram maior índice de área foliar aos 60 dias após a semeadura ocorrendo também diferenças significativas em função da população, sendo o maior índice obtido na densidade de 45.000 plantas por hectare em comparação ao arranjo de 75. 000 planta hectare.

4.2 Componentes de produção e produtividade

Na Tabela 3 pode ser observado o resumo das análises de variância das características produtivas, capítulos colhidos, diâmetro do capítulo, massa fresca do capítulo, massa de aquênios por capítulo, massa de 100 aquênios, aquênios por capítulo, produtividade de aquênios, índice de colheita e teor de óleo nos aquênios de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 cultivadas em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia (AEDF), em Fortaleza, e na área Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), em Pentecoste.

Em relação aos capítulos colhidos observou-se que a interação entre os três fatores estudados foi não significativa, havendo interação apenas entre o espaçamento entre linhas e o local de cultivo e entre este fator e a densidade de plantio (Tabela 3). Também se observou que isoladamente cada fator teve efeito significativo. Na AEDF obteve-se a maior produtividade média, 41.825 capítulos por hectare, enquanto que na FEVC a média foi de 35.039 capítulos por hectare. A produtividade em capítulos colhidos em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio nas duas áreas de cultivo pode ser observada na Figura 5.

Na AEDF, em Fortaleza, a interação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio foi não significativa para a produtividade em capítulos colhidos, dessa forma, estima-se a maior produtividade em 45.591 capítulos por hectare quando cultivadas no espaçamento de 0,63 m (Figura 5A) e um aumento na taxa de 787 capítulos por hectare para cada acréscimo de 1.000 plantas na densidade de plantio (Figura 5B). Já na FEVC, em Pentecoste, a interação dos fatores quantitativos foi significativa, sendo a máxima produtividade estimada em 27.894 capítulos por hectare obtido na combinação do espaçamento entre linhas de 0,3 m com a densidade de plantio de 71.519 plantas por hectare (Figura 5C).

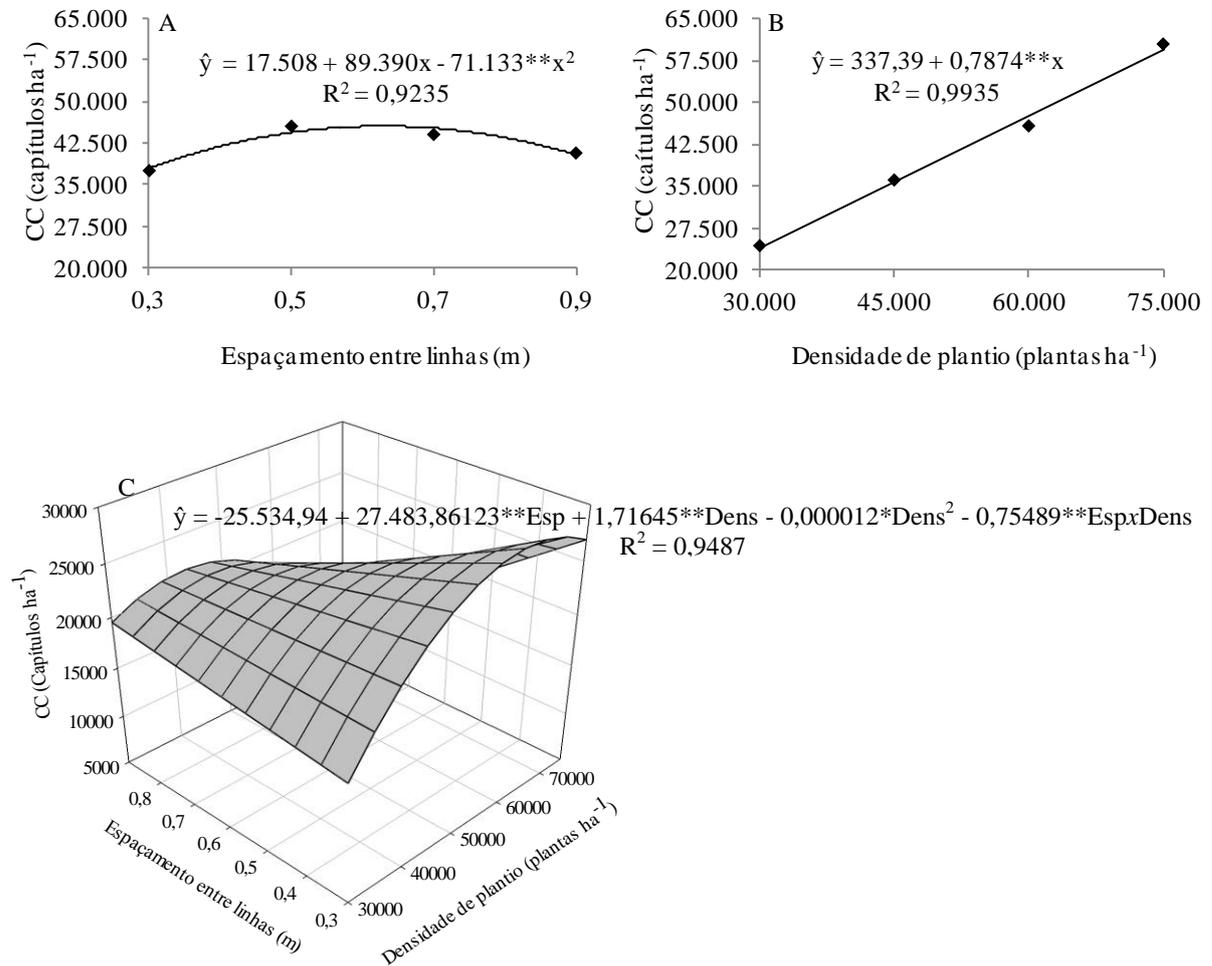
Tabela 3 - Resumo das análises de variância e de regressão das variáveis: capítulos colhidos (CC), diâmetro do capítulo (DC), massa do capítulo (MC), massa de aquênios por capítulo (MAC), massa de 100 aquênios (M100A), aquênios por capítulo (AC), produtividade de aquênios (PROD), índice de colheita (IC) e teor de óleo nos aquênios (OL) de girassol da variedade Embrapa 122 em função do arranjo espacial das plantas (espaçamento e densidade) e do local de cultivo (Fortaleza e Pentecoste – CE), 2012

Fonte de Variação	gl	Quadrado Médio								
		CC	DC	MC	MAC	M100A	AC	PROD	IC	OL
Bloco (local)	6	322.281.228,0	747,788	606,844	315,411	6,943	21.473,692	482.581,69	116,171	21,309
Espaçamento (E)	3	101.789.541,0*	312,420**	127,114 ^{ns}	52,308 ^{ns}	2,141 ^{ns}	10.972,548 ^{ns}	213.951,71 ^{ns}	12,249 ^{ns}	23,986*
Densidade (D)	3	4.869.720.298,0**	1.484,235**	1.568,204**	869,086**	36,594**	35.193,562**	27.981,31 ^{ns}	91,578*	3,279 ^{ns}
E x D	9	71.517.941,0 ^{ns}	87,130 ^{ns}	56,866 ^{ns}	24,618 ^{ns}	1,841 ^{ns}	4.325,953 ^{ns}	72.648,58 ^{ns}	7,397 ^{ns}	20,820**
Local (L)	1	1.339.569.151,0**	4.004,716**	6.615,837**	4.027,711**	606,596**	40.724,997**	20.239.657,67**	3.238,143**	4.027,779**
L x E	3	242.176.207,0**	205,419*	143,083 ^{ns}	82,759 ^{ns}	1,547 ^{ns}	7.315,761 ^{ns}	324.509,09*	41,463 ^{ns}	8,488 ^{ns}
L x D	3	360.940.242,0**	76,385 ^{ns}	104,901 ^{ns}	67,428 ^{ns}	14,349**	2.883,417 ^{ns}	230.583,31 ^{ns}	2,011 ^{ns}	17,399 ^{ns}
L x E x D	9	36.866.288,0 ^{ns}	23,443 ^{ns}	21,704 ^{ns}	13,043 ^{ns}	2,363 ^{ns}	2.714,621 ^{ns}	32.726,93 ^{ns}	42,555 ^{ns}	6,669 ^{ns}
Erro	87	36.820.849,0	74,921	69,164	41,699	2,288	5.375,233	94.553,040	32,843	7,787
Média		38.350,6	74,31	27,69	18,51	9,489 g	191,4	1.099,84	39,24%	40,55%
CV (%)		capítulos ha ⁻¹	mm capítulo ⁻¹	g capítulo ⁻¹	g capítulo ⁻¹		aquênios capítulo ⁻¹	kg ha ⁻¹		
		15,82	11,65	30,03	34,88	15,94	38,31	27,96	14,60	6,88
Regressões – Espaçamento										
Linear/Fortaleza	1	81.748.932,0 ^{ns}	119,222 ^{ns}	66,455 ^{ns}	33,725 ^{ns}	9,967 ^{ns}	6.660,786 ^{ns}	352.008,101 ^{ns}	30,228 ^{ns}	0,033 ^{ns}
Quadrático/Fortaleza	1	370.346.176,0**	2,712 ^{ns}	21,119 ^{ns}	19,681 ^{ns}	0,007 ^{ns}	1.031,091 ^{ns}	565.233,098*	21,940 ^{ns}	1,419 ^{ns}
Linear/Pentecoste	1	472.230.419,0**	866,545**	367,476**	136,341 ^{ns}	0,081 ^{ns}	29.399,349*	223.707,690 ^{ns}	25,045 ^{ns}	9,183 ^{ns}
Quadrático/Pentecoste	1	1.363.608,0 ^{ns}	11,88 ^{ns}	25,710 ^{ns}	7,794 ^{ns}	0,822 ^{ns}	3,393 ^{ns}	156.982,875 ^{ns}	2,841 ^{ns}	5,357 ^{ns}
Regressões – Densidade										
Linear/Fortaleza	1	10.838.447.702,0**	2.316,040**	2.828,829**	1.581,787**	121,124**	17.447,238 ^{ns}	65.131,116 ^{ns}	57,494 ^{ns}	5,967 ^{ns}
Quadrático/Fortaleza	1	21.841.765,0 ^{ns}	688,468**	660,908**	383,294**	21,562**	4.694,257 ^{ns}	43.742,525 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,995 ^{ns}
Linear/Pentecoste	1	4.398.774.080,0**	1.294,011**	1.112,923**	578,151**	7,168 ^{ns}	64.324,025**	13.884,192 ^{ns}	98,013 ^{ns}	6,416 ^{ns}
Quadrático/Pentecoste	1	173.865.890,0*	187,020 ^{ns}	146,569 ^{ns}	72,188 ^{ns}	0,761 ^{ns}	7.254,617 ^{ns}	3.458,029 ^{ns}	9,721 ^{ns}	1,264 ^{ns}
Regressões – Espaçamento Linear x Densidade Linear										
Fortaleza	1	33.172.553,0 ^{ns}	24,713 ^{ns}	48,596 ^{ns}	23,14 ^{ns}	14,345*	11.515,652 ^{ns}	7.622,162 ^{ns}	18,252 ^{ns}	29,576 ^{ns}
Pentecoste	1	512.874.525,0**	5,667 ^{ns}	22,340 ^{ns}	0,535 ^{ns}	0,038 ^{ns}	43,197 ^{ns}	144.081,005 ^{ns}	15,953 ^{ns}	45,094**

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

Figura 5 - Capítulos colhidos em plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B), na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, e em função da interação do espaçamento entre linhas e a densidade de plantio (C) na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, 2012



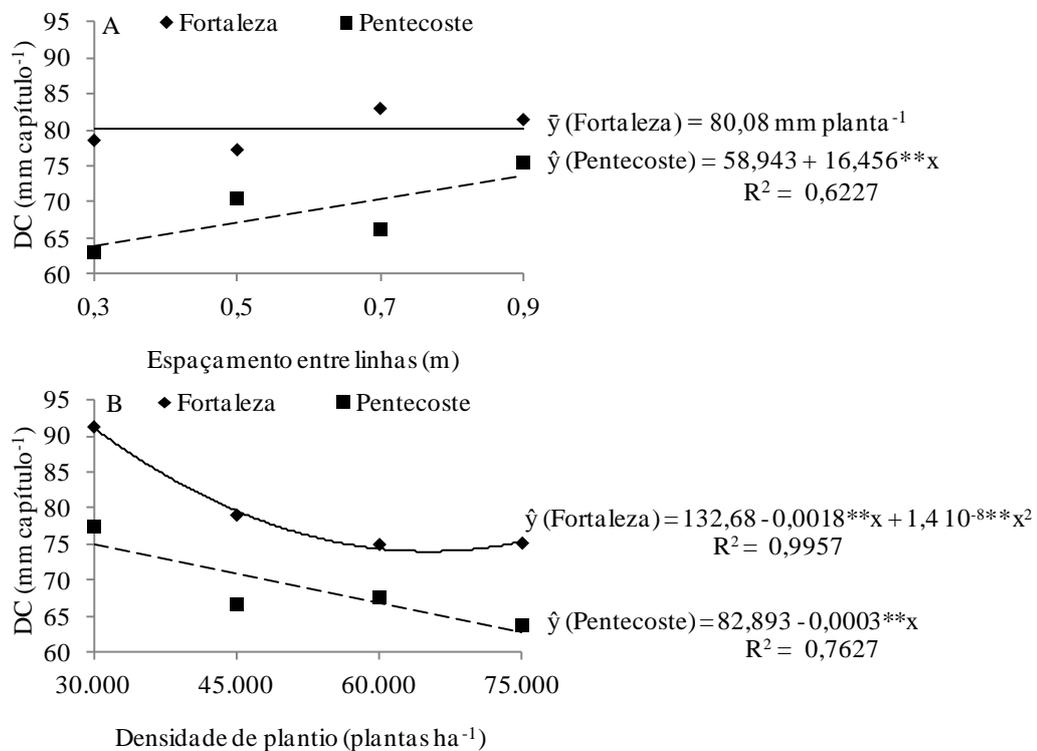
** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

De acordo com Aguirrezábel *et al.* (2001), em uma determinada área o número de capítulos resulta do número de plantas capazes de desenvolver uma inflorescência. Vogt, Balbinot Junior e Souza (2012), obtiveram uma proporção de capítulos por planta variando de 0,57 a 0,97, sendo obtido com a variedade Embrapa 122 uma proporção de 0,89. Backes *et al.* (2008), obtiveram para esta mesma variedade uma variação na proporção de capítulos por planta de 0,94 para 0,56 apenas ao atrasar a semeadura do final janeiro para o início de fevereiro, no município de Papanduva-SC. As condições ambientais afetam diferentemente os componentes de produção que são definidos nos diferentes estádios fenológicos, mas a redução de um determinado componente pode ser compensado por outro (AGUIRREZÁBEL *et al.*, 2001).

Para o diâmetro do capítulo não se observou interação significativa entre os três fatores estudados, havendo interação significativa apenas para o local de cultivo e o espaçamento entre linhas, como também se observou efeito dos fatores isoladamente (Tabela 3). Os capítulos colhidos na AEDF, em Fortaleza, possuíam, em média, 80,08 mm de diâmetro os quais foram estatisticamente superiores aos da FEVC, em Pentecoste, que tinham, em média, 68,82 mm. Esses dados em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio nas duas áreas de cultivo podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 - Diâmetro do capítulo de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B) na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (♦), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012



** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Os dados de diâmetro do capítulo de girassol em função do espaçamento entre linhas na AEDF, em Fortaleza, não se ajustaram aos modelos de regressão testados e para a FEVC, em Pentecoste, estima-se que para cada aumento de 0,1 m no espaçamento entre linhas ocorra um acréscimo de 1,65 mm (Figura 6A). Em relação à densidade de plantio para as plantas cultivadas na AEDF estima-se um decréscimo de 18% no diâmetro dos capítulos quando se aumentou a população de 30.000 para 64.286 plantas por hectare, seguindo um leve aumento até a população de 75.000 plantas, enquanto que na FEVC o aumento da população

reduziu o diâmetro dos capítulos a uma taxa estimada em 0,3 mm para cada acréscimo de 1.000 plantas por hectare (Figura 6B).

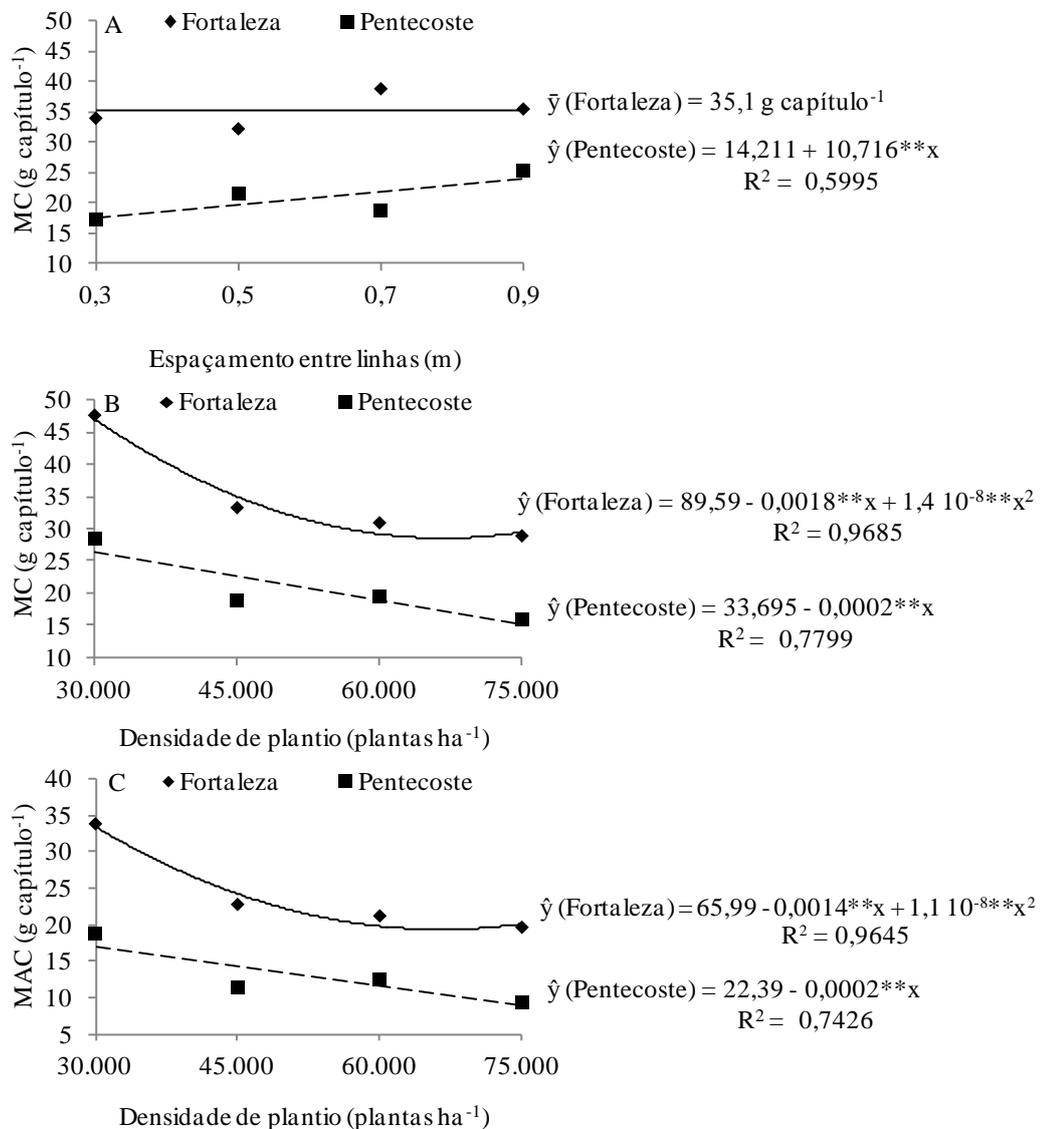
Avaliando genótipos de girassol cultivados no espaçamento de 0,4 e 0,8 m entre linhas, Martin *et al.* (2012), não observaram diferenças para o diâmetro do capítulo. Silva *et al.* (2009a), também não obtiveram diferenças nesta variável ao avaliar genótipos de girassol nos espaçamentos entre linhas variando de 0,4 a 0,8 m. Já Backes *et al.* (2008) no município de Papanduva-SC, obtiveram com a variedade de girassol Embrapa 122 uma variação no diâmetro dos capítulos de 16,67 para 19,91 cm apenas ao atrasar a semeadura do final janeiro para o início de fevereiro e, Silva *et al.* (2011b), obtiveram aumento de 15,3% nesta variável quando se aumento a lâmina de irrigação de 89 para 534 mm.

Na massa fresca do capítulo e na massa de aquênios por capítulo as interações entre os fatores estudados foram não significativas, sendo que apenas os fatores densidade de plantio e local de cultivo, isoladamente, tiveram efeitos sobre estas variáveis (Tabela 3). Os valores médios de massa fresca do capítulo e de massa de aquênios por capítulo na AEDF, em Fortaleza, foram respectivamente de 35,10 e 24,31 g, os quais foram superiores aos obtidos na FEVC, em Pentecoste, que apresentaram as respectivas médias 20,64 e 12,98 g. As análises dessas variáveis em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio nas duas áreas de cultivo podem ser observadas na Figura 7.

Os dados de massa fresca dos capítulos em função do espaçamento entre linhas na AEDF, em Fortaleza, não se ajustaram aos modelos de regressão e na FEVC, em Pentecoste, o comportamento foi linear, estimando-se um aumento na taxa de 1,07 g por capítulo para cada acréscimo de 0,1 m no espaçamento (Figura 7A). Já em função da densidade de plantio na AEDF, em Fortaleza, estima-se um decréscimo de 34% quando se aumenta a população de 30.000 para 64.286 plantas por hectare, seguindo por um aumento até a população de 75.000 plantas enquanto que na FEVC, em Pentecoste, ocorreu um decréscimo da massa fresca do capítulo com o aumento da densidade população estimada em 0,2 g para cada 1.000 plantas por hectare (Figura 7B).

Com o híbrido de girassol MG2, Orlando *et al.* (2008), não encontraram diferença estatística para a massa seca dos capítulos que variou de 73,06 a 33,31 g nas respectivas densidades populacionais de 27.000 e de 51.000 plantas por hectare, uma variação de 54,4%. Estes autores também não encontraram efeito do espaçamento que variou de 0,45 a 0,90 m entre linhas, obtendo uma diferença entre as massas dos capítulos de 8%.

Figura 7 - Massa fresca do capítulo de plantas de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B) e massa fresca de aquênios por capítulo em função da densidade de plantio (C) na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (♦), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), 2012



** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Os dados de massa de aquênios por capítulo em função do espaçamento entre linhas, nas duas áreas de cultivo, não se ajustaram aos modelos de regressão testados. Já em função da densidade de plantio na AEDF, em Fortaleza, estima-se uma redução de 33,89 g para 21,44 g de aquênios por capítulo, decréscimo de 37%, quando se aumentou a população de 30.000 para 63.636 plantas por hectare, seguindo de leve aumento até a densidade de 75.000 plantas e na FEVC, em Pentecoste, esse decréscimo foi linear seguindo uma taxa estimada em 0,2 g de aquênios por capítulo para cada aumento de 1.000 plantas na densidade (Figura 7C). Orlando (2008) também observou redução na massa de aquênios por capítulo de

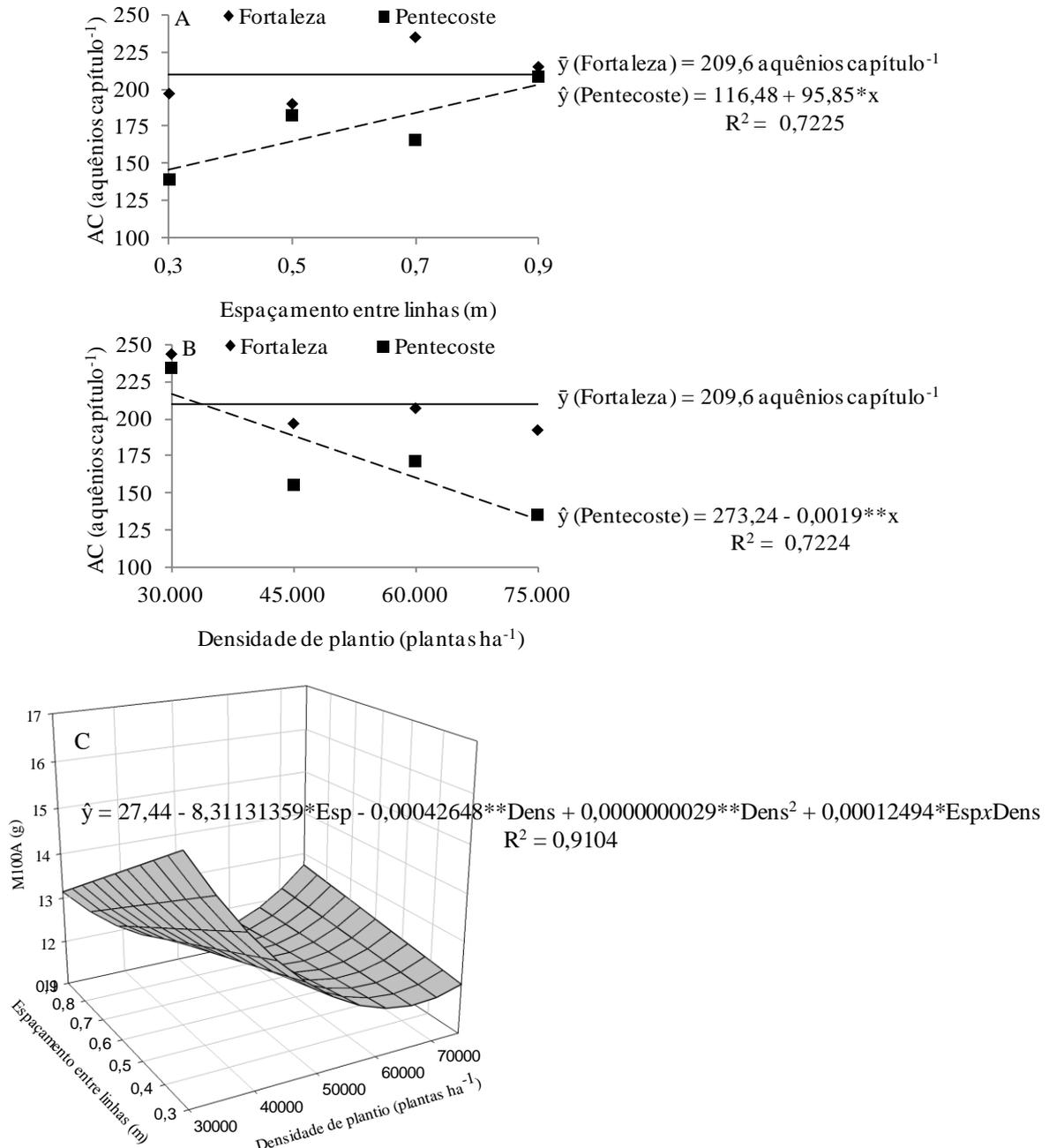
girassol ao se aumentar a densidade populacional de 27.000 para 51.000 plantas por hectare, reduzindo de 69,27 g para 28,48 g, representando uma perda de 58,9% na massa seca, enquanto que a variação no espaçamento entre linhas de 0,45 a 0,90 m não afetou esta variável. Silva e Nepomuceno (1991) obtiveram respostas semelhantes a estas supracitadas, onde observaram redução na massa de aquênios por capítulo com aumento da densidade de plantio e não obtiveram efeito do espaçamento entre linhas.

As interações entre os fatores estudados foram todas não significativas para a variável aquênios por capítulo, enquanto que, para a massa de 100 aquênios observou-se interação entre o local de cultivo e a densidade de plantio (Tabela 3). Estes fatores, de forma isoladamente, também afetaram essas variáveis. Quanto ao local de cultivo, observou-se que as maiores médias foram obtidas na AEDF, em Fortaleza, sendo de 210 aquênios por capítulo e de 11,74 g por 100 aquênios. Na FEVC, em Pentecoste, foram obtidos, em média, 174 aquênios por capítulo e 7,34 g por 100 aquênios. As análises desses variáveis em função do espaçamento entre plantas e em função da densidade de plantio nas duas áreas de cultivo podem ser observadas na Figura 8.

Os dados do número de aquênios por capítulo não se ajustaram aos modelos de regressão testados em função do espaçamento entre linhas quando cultivadas na AEDF, em Fortaleza, enquanto que na FEVC, em Pentecoste, observou-se um acréscimo linear estimado em 10 aquênios por capítulo para cada aumento de 0,1 m no espaçamento entre linhas (Figura 8A). Os dados do número de aquênios por capítulo na AEDF, em Fortaleza, em função da densidade de plantio não se ajustaram aos modelos de regressão testados como tinha sido o comportamento desta variável em função do espaçamento entre plantas e na FEVC, em Pentecoste, estima-se um decréscimo de 2 aquênios por capítulo para cada aumento na população de 1.000 plantas por hectare (Figura 8B).

De acordo com Rizzardi e Silva (1993), o número de aquênios por capítulo é o principal determinante da resposta diferencial das cultivares em relação ao rendimento de grãos, quando submetidos à elevação da densidade das plantas. Estes autores observaram redução nessa variável ao se aumentar a densidade populacional. Silva e Nepomuceno (1991), também observaram redução do número de aquênios por capítulo com o aumento da densidade, mais não obtiveram efeito do espaçamento entre linhas. Silva *et al.* (2009a e b), avaliando genótipos de girassol obtiveram uma redução no número de aquênios por capítulo ao se aumentar o espaçamento entre linhas.

Figura 8 - Aquênios por capítulo de planta de girassol da variedade Embrapa 122 cultivadas em função do espaçamento entre linhas (A) e da densidade de plantio (B) na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), e massa de 100 aquênios (C) em função da interação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, 2012



** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

A interação entre os fatores espaçamento entre linhas e densidade de plantio foi significativa para a variável massa de 100 aquênios na AEDF, em Fortaleza, estimando a maior massa em 15,9 g obtida na combinação entre a população de 30.000 plantas por hectare

e o espaçamento de 0,30 m entre linhas (Figura 8C). Na FEVC, em Pentecoste, essa interação foi não significativa e os dados não se ajustaram aos modelos de regressão.

Entre os fatores que interfere a massa das sementes se pode citar a época de cultivo, como observado por Backes *et al.* (2008), que obtiveram redução na massa de 100 aquênios de 7,62 g para 6,90 g ao se atrasar a semeadura do final de janeiro para o início de fevereiro no ano de 2007 no município de Papanduva-SC. Já Silva *et al.* (2009b), obtiveram aumento na massa de 1000 aquênios ao se aumentar o espaçamento entre linhas de 0,4 para 0,5 m, enquanto que, Silva *et al.* (2009a), variando o espaçamento de 0,4 a 0,8 m não obtiveram diferenças. Rizardi e Silva (1993) obtiveram redução com o aumento da densidade de plantio e, Silva *et al.* (2011b), obtiveram aumento desta variável ao se irrigar a variedade Embrapa 122.

A produtividade de aquênios foi afetada apenas pelo local de cultivo, como também a única interação significativa foi obtida entre o local de cultivo e o espaçamento entre linhas (Tabela 3). A maior produtividade média de aquênios na AEDF, em Fortaleza, com 1.516,57 kg ha⁻¹ a qual foi superior à obtida na FEVC, em Pentecoste, que foi de 702,64 kg ha⁻¹. Já em relação aos modelos de regressão testados para as análises em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio os ajustes foram não significativo, o que dificulta uma melhor interpretação das informações.

Entre os fatores estudados podemos observar que o local de cultivo foi determinante na produtividade de aquênios (Tabela 3), sendo, entre os fatores ambientais, a irregularidade e a diferença de precipitação pluviométrica o fator chave (Figura 1), pois a produtividade da cultura está diretamente relacionada com a disponibilidade de água no solo (Santos *et al.*, 2002). Em termos relativos, a perda de produtividade na FEVC, em Pentecoste, em comparação a AEDF, em Fortaleza, foi de 53,67%.

A tolerância à falta de água depende da espécie e dentro de uma mesma espécie da variedade e do estágio de desenvolvimento da planta. Amorim *et al.* (2008), estudando genótipos de girassol destacou a variedade Embrapa 122 e o híbrido V20044 como sendo de maiores níveis de tolerância à seca. Dessa forma, a semeadura em épocas que proporcionem melhor aproveitamento das condições climáticas favoráveis deve ser pretendida. Backes *et al.* (2008), obtiveram uma redução na produtividade de 1.190 para 460 kg ha⁻¹ com o genótipo de girassol Embrapa 122 quando a semeadura passou apenas do final de janeiro para o início de fevereiro de 2007 no município de Papanduva-SC. Broch *et al.* (2009), também obtiveram

variações na produtividade dessa variedade quando cultivada em diferentes municípios do Mato Grosso do Sul, chegando a ordem de 61,44%.

Quanto ao arranjo das plantas, Braz e Rossetto (2010), não obtiveram diferenças na produtividade de girassol cultivadas nas populações de 45.000 e 75.000 plantas por hectare, produzindo, em média, 1.260 kg ha⁻¹. Castro *et al.* (2011), obtiveram diferenças significativas para os componentes de produção e produtividade do híbrido Aguará 4. Dessa forma, a plasticidade quanto à resposta à variação no arranjo espacial depende da espécie e da variedade. Entre as culturas que apresentam elevada plasticidade fenotípica destaca-se a soja que altera seus componentes de produção em função do espaço disponível, porém, não afeta a produtividade (GARCIA *et al.*, 2007; MAUAD *et al.*, 2010).

As interações entre os fatores estudados para o índice de colheita foram não significativas e, apenas a densidade de plantio e o local de cultivo, isoladamente, afetaram (Tabela 3). Na AEDF, em Fortaleza, obteve-se para este índice o valor médio de 44,49% o qual foi superior aos 34,23% obtido na FEVC em Pentecoste. Essa diferença, provavelmente, se atribui a maior alocação dos recursos fotoassimilados das plantas cultivadas em Pentecoste para resistência ao déficit hídrico. O índice de colheita em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio não se ajustaram aos modelos de regressões testados.

De acordo com Larcher (2006), o índice de colheita para plantas cultivadas produtoras de sementes está entre 30 a 60%. Braz e Rossetto (2009a) obtiveram neste índice valor médio de 40% com as densidades populacionais de 45.000 e 75.000 plantas por hectare de girassol da variedade Embrapa 122, as quais não diferiram. Enquanto que Melo, Nörnberg e Rocha (2004), estudando genótipos de girassol observaram que, em média, 54,86% da produção de massa seca na parte área é destinada a formação do capítulo.

Para o teor de óleo nos aquênios, a única interação significativa foi entre a densidade de plantio e o espaçamento entre linhas (Tabela 3). Este fator e o local de cultivo também foram significativos quando analisados isoladamente. Na AEDF, em Fortaleza, o teor médio de óleo nos aquênios foi de 46,4% sendo, estatisticamente superior a média obtida na FEVC, em Pentecoste, que foi de 35%. Os dados dessa variável em função do espaçamento entre linhas e em função de densidade de plantio não se ajustaram aos modelos de regressão testados.

Avaliando genótipos de girassol, Amorim *et al.* (2008), observaram que o teor de óleo nos aquênios variou entre 33,69 a 44,72%, sendo obtido para a variedade Embrapa 122 um teor médio de 40,57%. Rizzardi e Silva (1993), obtiveram aumento no conteúdo de óleo

nos aquênios em função de densidade de plantio apenas em um dos genótipos avaliados. Silva e Nepomuceno (1991), também obtiveram essa tendência com o aumento da densidade de plantio mais não observaram efeito do espaçamento entre linhas. Braz e Rossetto (2010), com a variedade Embrapa 122 também obtiveram aumento no teor de óleo com o aumento da densidade de plantio, enquanto que, Silva et al. (2011b), com esta mesma variedade observaram acréscimo no conteúdo de óleo dos aquênios ao se irrigar a cultura, estimada em 35,1 e 45,2% ao se utilizar as respectivas lâminas de irrigação 89 e 534 mm. Como podemos observar, o teor de óleo nos aquênios de girassol é variável dependendo do genótipo, da disponibilidade hídrica e do arranjo espacial das plantas.

4.3 Potencial fisiológico dos aquênios

Na Tabela 4 pode ser observado o resumo das análises de variância dos testes de germinação e vigor de aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 cultivada em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia (AEDF), em Fortaleza, e na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), em Pentecoste. O vigor dos aquênios foi avaliado pelos testes de primeira contagem da germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas e comprimento e massa da matéria seca da parte aérea e da raiz dessas plântulas.

No teste de germinação foi observado efeito entre os três fatores tanto de forma isolada como em interação, exceto a densidade de plantio que isoladamente foi não significativa (Tabela 4). Os aquênios provenientes da AEDF, em Fortaleza, tiveram em média 82% de germinação sendo inferior aos 92% daqueles obtido na FEVC, em Pentecoste. A interação da regressão do espaçamento entre linhas e a densidade de plantio foi significativa para a AEDF, em Fortaleza, mais possuiu baixo valor de coeficiente de determinação ($R^2 = 0,26$) enquanto que para a FEVC, em Pentecoste, essa interação foi não significativa e apenas os dados em função do espaçamento entre linhas se ajustaram (Figura 9A).

Observou-se para os aquênios de girassol provenientes da FEVC, em Pentecoste, uma redução no poder germinativo com o aumento do espaçamento entre linhas de 0,3 m para 0,5 m, seguindo um aumento nos maiores espaçamentos (Figura 9A). Nessa avaliação observou-se que o manejo espacial da cultura influenciou no poder germinativo dos aquênios que também é influenciado por outros tratos culturais entre os quais se pode citar a época da colheita como observado por Bonacin *et al.* (2009), que constataram aumento nas avaliações realizadas do 7° ao 49° dia após o florescimento pleno. A adubação também pode afetar mais as respostas dependem do genótipo utilizado, pois Silva *et al.* (2011a) observaram que a fosfatagem responde positivamente sobre o poder germinativo de aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 enquanto Goya e Sader (1990) não obtiveram respostas significativas com o cultivar IAC-Anhandy. Com este cultivar Campos e Sader (1987) também não observaram efeito da adubação com potássio e Bonacin *et al.* (2009), do boro para a variedade Embrapa 122.

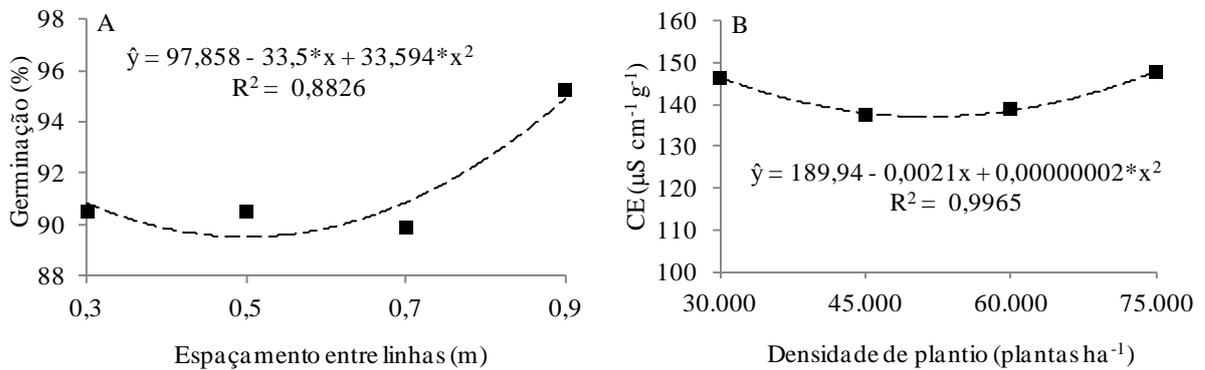
Tabela 4 - Resumo das análises de variância e de regressão dos testes com os aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 cultivado em função do arranjo espacial (espaçamento e densidade) das plantas e dos locais de cultivo (Fortaleza e Pentecoste – CE): germinação (G) e vigor através dos testes de primeira contagem da germinação (PCG), condutividade elétrica da água de embebição (CE), envelhecimento acelerado (EA), emergência de plântulas em vermiculita (E) e comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) e da raiz (MMSR) das plântulas oriundas do teste de emergência, 2012

Fonte de Variação	Gl	Quadrado Médio								
		G	PCG	CE	EA	E	CPA	CR	MMSPA	MMSR
Espaçamento (E)	3	196,615**	487,750**	243,988 ^{ns}	2.185,698**	442,198**	3,897 ^{ns}	4,009 ^{ns}	0,00053**	0,00007 ^{ns}
Densidade (D)	3	8,448 ^{ns}	107,250 ^{ns}	96,440 ^{ns}	222,781**	2,948 ^{ns}	3,536 ^{ns}	16,931 ^{ns}	0,00012*	0,00017*
E x D	9	219,809**	1.030,556**	814,905**	447,642**	70,281 ^{ns}	1,446 ^{ns}	3,738 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	0,00005 ^{ns}
Local (L)	1	2.907,032**	24,500 ^{ns}	84.448,542**	385,031**	3.982,781**	63,215**	244,179**	0,02365**	0,00444**
L x E	3	195,281**	800,250**	448,494 ^{ns}	590,281**	80,281 ^{ns}	1,713 ^{ns}	18,222*	0,00003 ^{ns}	0,00014*
L x D	3	117,115**	793,750**	445,967 ^{ns}	45,198 ^{ns}	112,365 ^{ns}	4,618 ^{ns}	5,272 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	0,00019**
L x E x D	9	214,476**	280,944**	686,865**	383,115**	147,865*	1,743 ^{ns}	6,418 ^{ns}	0,00010*	0,00009 ^{ns}
Erro	96	28,760	64,313	221,211	42,219	61,010	2,151	4,869	0,00004	0,00005
Média		86,8%	67,5%	117,01 μ S cm ⁻¹ g ⁻¹	70,2%	85,4%	6,75 cm	18,37 cm	0,042 g	0,033 g
CV (%)		6,18	11,88	12,71	9,26	9,15	21,7	12,01	15,61	20,56
Regressões – Espaçamento										
Linear/Fortaleza	1	884,450**	140,450*	177,345 ^{ns}	352,800**	140,450 ^{ns}	1,189 ^{ns}	17,131 ^{ns}	0,00059**	0,00004 ^{ns}
Quadrático/Fortaleza	1	1.892,250**	484,00**	263,794 ^{ns}	1.156,000**	169,000 ^{ns}	0,002 ^{ns}	17,847 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	0,00016 ^{ns}
Linear/Pentecoste	1	168,200 ^{ns}	148,513*	392,489 ^{ns}	5.527,813**	30,013 ^{ns}	12,999*	13,754 ^{ns}	0,00063**	0,00035**
Quadrático/Pentecoste	1	552,250**	115,563*	669,597 ^{ns}	976,563**	10,563 ^{ns}	0,975 ^{ns}	0,045 ^{ns}	0,00020*	0,000001 ^{ns}
Regressões – Densidade										
Linear/Fortaleza	1	897,800**	24,200 ^{ns}	134,461 ^{ns}	0,200 ^{ns}	61,250 ^{ns}	21,382**	6,508 ^{ns}	0,00015 ^{ns}	0,00049**
Quadrático/Fortaleza	1	900,00**	196,00*	162,988 ^{ns}	196,000*	2,250 ^{ns}	1,984 ^{ns}	0,901 ^{ns}	0,00009 ^{ns}	0,00027*
Linear/Pentecoste	1	396,050*	13,613 ^{ns}	25,017 ^{ns}	99,013 ^{ns}	132,613 ^{ns}	0,067 ^{ns}	31,553*	0,00015 ^{ns}	0,00009 ^{ns}
Quadrático/Pentecoste	1	72,250 ^{ns}	52,563 ^{ns}	1.280,546*	33,063 ^{ns}	10,562 ^{ns}	0,073 ^{ns}	23,226*	0,00013 ^{ns}	0,00016 ^{ns}
Regressões – Espaçamento Linear x Densidade Linear										
Fortaleza	1	1.918,440**	354,81**	2.502,715**	65,610 ^{ns}	72,250 ^{ns}	0,185 ^{ns}	0,461 ^{ns}	0,0000001 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
Pentecoste	1	424,360*	23,523 ^{ns}	108,173 ^{ns}	347,823**	7,563 ^{ns}	0,176 ^{ns}	6,381 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	0,00005 ^{ns}

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

Figura 9 - Testes de germinação (A) e condutividade elétrica (CE) da água de embebição (B) em aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio, respectivamente, produzidos na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, 2012



*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Em relação ao vigor dos aquênios avaliado pelo teste de condutividade elétrica da água de embebição, observou-se que a interação entre os três fatores estudados e a interação do espaçamento entre linhas e a densidade de plantio foram significativas (Tabela 4). E, isoladamente apenas o local de cultivo afetou esta variável sendo obtidos os aquênios de maior vigor na AEDF, em Fortaleza, por ter apresentado o menor valor de condutividade elétrica ($91,32 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) quando comparado com o obtido com os aquênios oriundos da FEVC, em Pentecoste, que foi, em média, $142,69 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

A interação da regressão do espaçamento entre linhas e a densidade de plantio foi significativo para a AEDF, em Fortaleza, mas possuiu baixo valor de coeficiente de determinação ($R^2 = 0,20$), enquanto que, para a FEVC, em Pentecoste, essa interação foi não significativa e apenas os dados em função da densidade de plantio se ajustaram à regressão, podendo-se estimar que o menor valor de condutividade elétrica ($134,82 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) foi obtido na população de 52.500 plantas por hectare (Figura 9B).

O aumento da densidade populacional até certo limite favoreceu a produção de aquênios com maior vigor, pois produziu aquênios com melhor estrutura das paredes celulares identificada pela menor exsudação, ou seja, menor condutividade elétrica na água de embebição. Braz e Rossetto (2009c) observaram que em condições adversas o teste de condutividade elétrica apresenta boa correlação com a emergência de plântulas em campo. Albuquerque *et al.* (2001), estudando o teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de aquênios de girassol observaram efeito do genótipo e a inversão na classificação dos genótipos em relação aos outros testes de avaliação. Deve-se lembrar de que

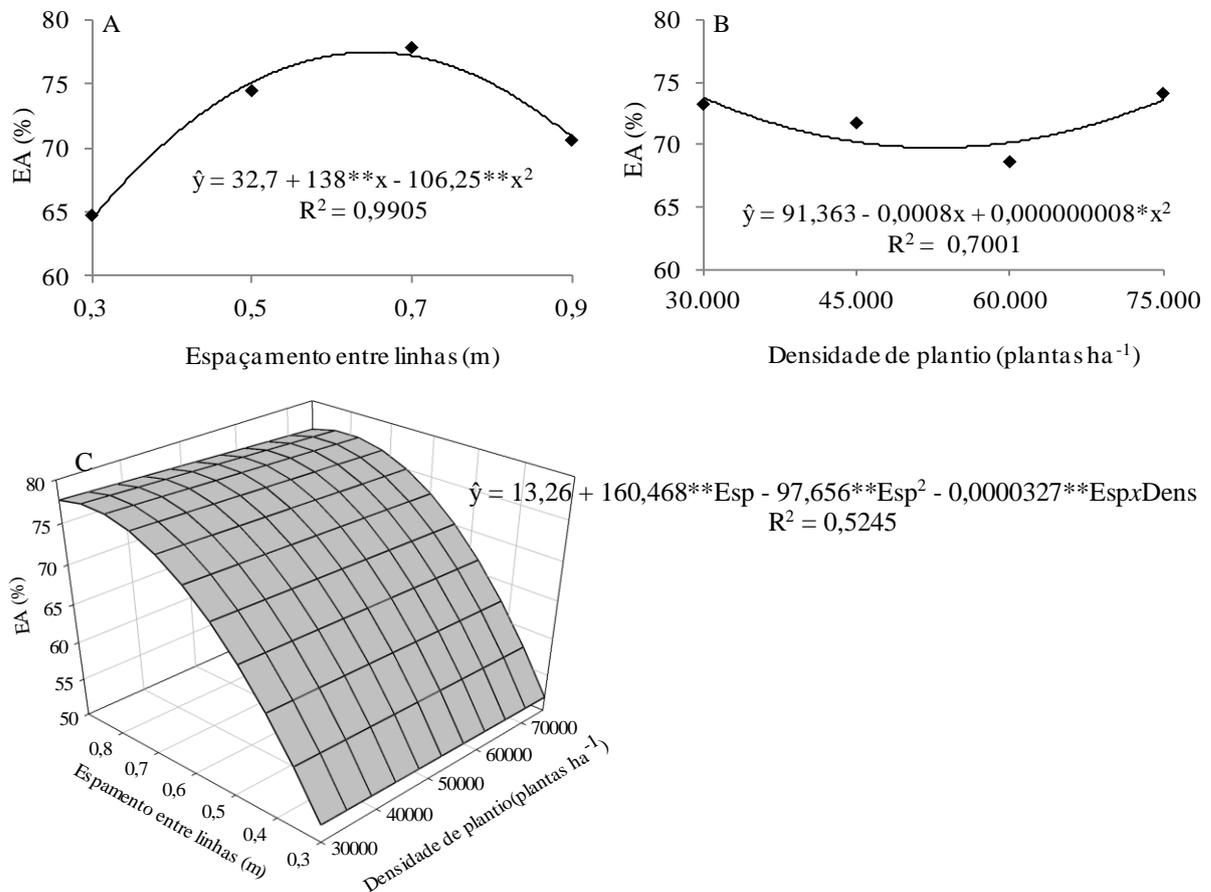
a menor exsudação e conseqüentemente menor condutividade elétrica deve refletir em maior vigor.

Já o potencial fisiológico dos aquênios avaliado pelo teste de vigor primeira contagem da germinação foi afetado pelo espaçamento entre linhas, pela densidade de plantio e pelo local de cultivo de forma conjunta e, isoladamente apenas o espaçamento entre linhas foi significativo (Tabela 4). As interações entre os fatores quantitativos nos dois locais de cultivo foram significativas, mais possuiu baixo valor do coeficiente de determinação ($R^2 < 0,45$) resultando em baixa eficiência dos modelos em explicar o comportamento da variável, sendo a média geral do teste de 67,5%.

O vigor dos aquênios de girassol, como observado por Bonacin *et al.* (2009) com o teste de primeira contagem da germinação, vai aumentando com o passar dos dias após o florescimento. Isso ocorre porque após a fecundação inicia-se a formação das estruturas da semente que atingira a maturidade fisiológica quando apresenta o máximo potencial germinativo e vigor, que depende do genótipo e são influenciados pelas condições ambientais e pelo manjo cultural adotado. Avaliando as variedades Catissol e Embrapa 122, Santos *et al.* (2011), obtiveram diferença no teste de primeira contagem. Em relação ao manejo da adubação a variedade Embrapa 122 não responde ao boro (BONACIN *et al.*, 2009), porém a adubação fosfatada favoreceu a primeira contagem da germinação (SILVA *et al.*, 2011a). Já com o cultivar IAC-Anhandu, Goya e Sader (1990), não observaram efeito deste elemento enquanto Campos e Sader (1987) não observaram efeito do potássio.

Para o vigor dos aquênios avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado observou-se que todos os fatores e todas as interações foram significativos, exceto a interação entre o local de cultivo e a densidade de plantio (Tabela 4). Os valores médios desse teste foram de 71,3 e 68,5% para os aquênios oriundos da AEDF, em Fortaleza, e da FEVC, em Pentecoste, respectivamente. As análises desses dados em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio nos dois locais de cultivo podem ser visualizadas na Figura 10.

Figura 10 - Teste de envelhecimento acelerado (EA) em aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas (A) e em função da densidade de plantio (B), produzidos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, e da interação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio (C) dos aquênios produzidos na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, 2012



** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

A interação entre os dois fatores quantitativos foi não significativa para o teste de envelhecimento acelerado com os aquênios de girassol oriundos da AEDF, em Fortaleza. Dessa forma, estima-se que o maior potencial fisiológico foi obtido quando cultivado no espaçamento de 0,6 m entre linhas (Figura 10A) e que o aumento da densidade de plantio até a população de 50.000 plantas por hectare reduziu a qualidade (Figura 10B). Já na FEVC, em Pentecoste, a interação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio foi significativa, e estima-se que os aquênios de maior potencial fisiológico foram obtidos quando cultivado no espaçamento de 0,8 m entre linhas, tendo-se leve redução com o aumento da densidade de plantio (Figura 10C).

Com Goya e Sader (1990) o teste de envelhecimento acelerado não refletiu o efeito da adubação fosfatada no vigor dos aquênios de girassol do cultivar IAC-Anhandy, sendo que nos testes vigor comprimentos da raiz primária, da semente e do hipocótilo, massa

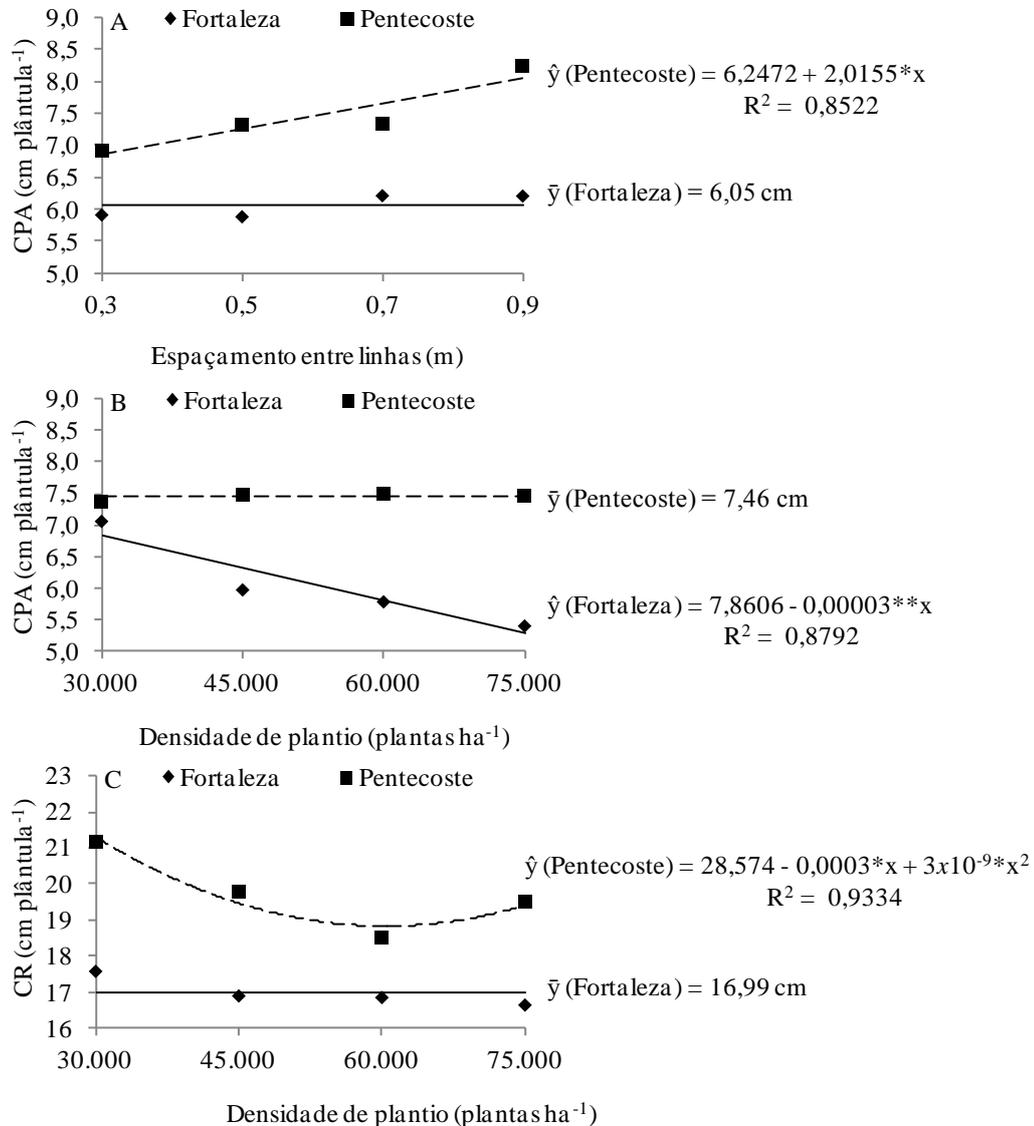
da matéria seca do hipocótilo e índice de velocidade de emergência, existiu o indicativo da influência positiva desse nutriente. Já Campos e Sader (1987) não observaram o efeito da adubação com potássio no vigor dos aquênios de girassol do cultivar IAC-Anhandy observando efeito positivo apenas sobre o poder germinativo. Como observado neste trabalho, o teste de envelhecimento acelerado indicou diferenças de vigor entre os aquênios de girassol em função do manejo espacial das plantas.

No teste de emergência de plântulas observou-se que apenas o espaçamento entre linhas e o local de cultivo, isoladamente, afetam o potencial fisiológico dos aquênios e a interação entre os três fatores estudados foi significativa (Tabela 4). Os aquênios de girassol oriundos da AEDF, em Fortaleza, apresentaram menor emergência de plântulas quando comparado com aqueles oriundos da FEVC, em Pentecoste, tendo-se, em média, os respectivos valores de emergência 79,8 e 90,9%. Nas análises de regressão as interações do espaçamento entre linhas e a densidade de plantio foram não significativas, independente do local de cultivo, e isoladamente os dados não se ajustaram aos modelos de regressão.

De acordo com Oliveira *et al.* (2009), a avaliação da emergência de plântulas parte do princípio que sementes que propiciam maior percentual de emergência, em condições de campo, ou seja, não controladas, são mais vigorosas. Este teste pode ser feito em condições de campo devendo ser executado na época recomendada para a semeadura da cultura tornando-o mais preciso, mas para a obtenção de uma padronização o teste pode ser realizado em bandejas na casa de vegetação (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Com o teste de emergência de plântulas, Santos *et al.* (2011), identificaram diferenças no potencial fisiológico de aquênios de genótipos de girassol confirmado com outros teste de vigor o que não ocorreria apenas o teste de germinação.

Como se pode observar o potencial fisiológico dos aquênios de girassol, baseado no teste de comprimento da parte aérea das plântulas, foi influenciada apenas pelo local de cultivo se tendo, em média, 6,05 e 7,46 cm por plântula quando os aquênios foram oriundos da AEDF, em Fortaleza, e da FEVC, em Pentecoste, respectivamente. As análises desses dados em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio podem ser observadas na Figura 11 (A e B, respectivamente).

Figura 11 - Qualidade fisiológica dos aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio produzidos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (◆), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), baseado no comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) do teste de emergência, 2012



** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Os dados do teste de comprimento da parte aérea das plântulas originárias dos aquênios de girassol da AEDF, em Fortaleza, em função do espaçamento entre linhas não se ajustaram aos modelos de regressão, enquanto que, para os aquênios da FEVC, em Pentecoste, observou um aumento no vigor baseada no crescimento da parte área estimado em 0,2 cm por plântula para cada aumento de 0,1 m no espaçamento entre linhas (Figura 11A). Em relação à densidade de plantio, nos aquênios da AEDF, em Fortaleza, observou-se perda em vigor, pois se observou decréscimo no crescimento da parte aérea estimado em 0,03 cm

por plântula para cada aumento de 1.000 plantas por hectare enquanto que nos aquênios da FEVC, em Pentecoste, os dados não se ajustaram aos modelos de regressão (Figura 11B).

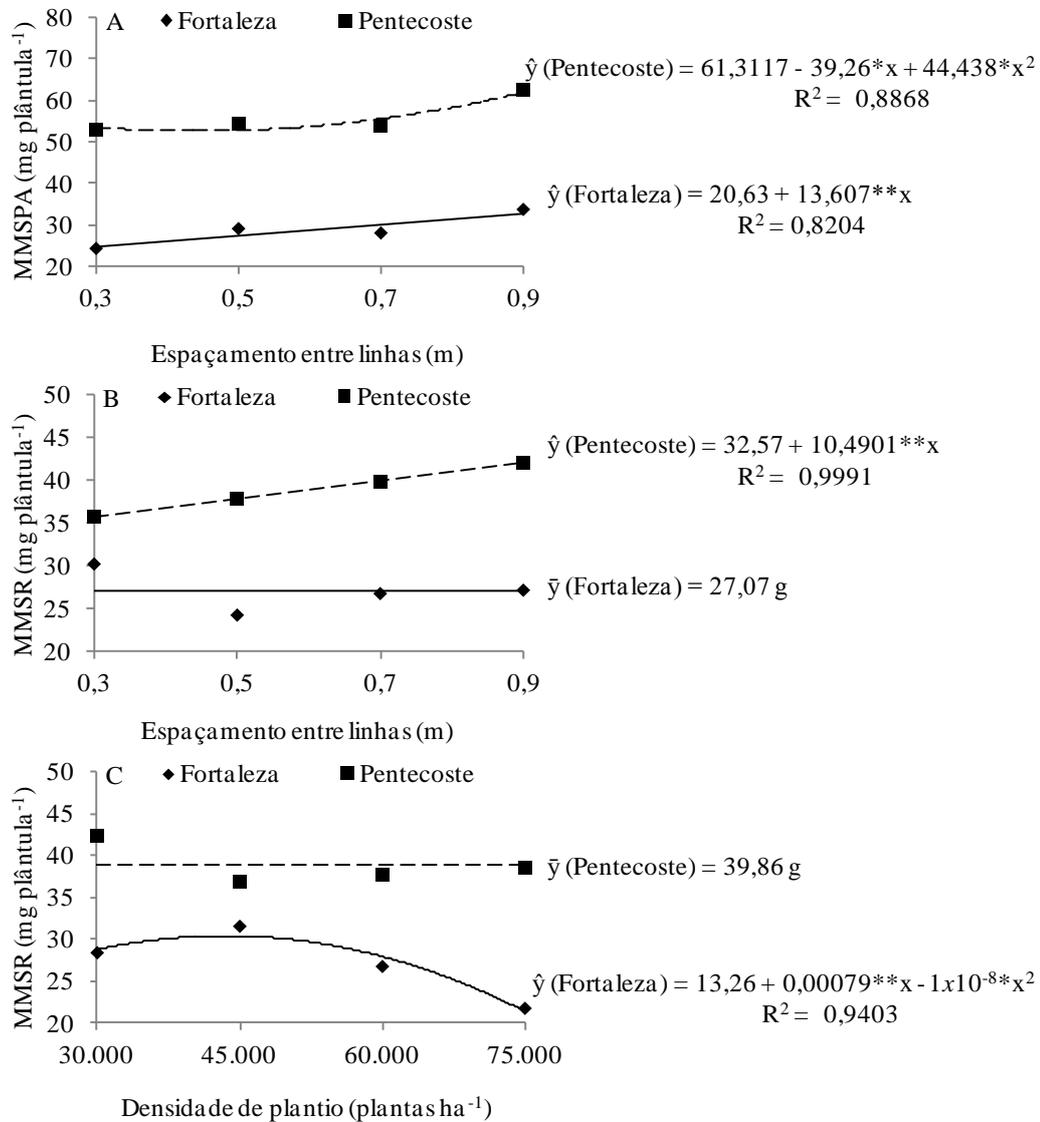
Já baseado no comprimento da raiz das plântulas, observou-se que apenas o local de cultivo e a interação deste fator com o espaçamento entre linhas influenciaram no vigor dos aquênios (Tabela 4), sendo obtido na FEVC, em Pentecoste, os aquênios de maior potencial fisiológico em comparação aqueles da AEDF, em Fortaleza, que proporcionaram um crescimento radicular de 17,75 e 16,99 cm por plântula, respectivamente. A análise desses dados em função da densidade de plantio pode ser observada na Figura 11C e em função do espaçamento entre linhas os modelos de regressão foram não significativos.

O vigor dos aquênios de girassol da AEDF, em Fortaleza, não foram interpretados em função da densidade de plantio devido a falta de ajuste aos modelos de regressão, enquanto que, para aqueles da FEVC, em Pentecoste, estima-se que houve perda no potencial fisiológico com o aumento na densidade de plantio de 30.000 para 50.000 plantas por hectare baseado no decréscimo no crescimento radicular das plântulas do teste de emergência (Figura 11C).

A avaliação do comprimento das plântulas e ou de suas partes é uma característica importante na diferenciação de lotes de sementes onde os maiores valores correspondem aos lotes de maior vigor (NAKAGAWA, 1999), sendo o comprimento de plântulas sensível para classificar lotes com diferenças sutis no potencial fisiológico (GUEDES *et al.*, 2009). E, como podemos observar com os testes de comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas de girassol da variedade Embrapa 122 o arranjo das plantas influenciou significativamente na produção de aquênios de elevado vigor, onde a maior competição intraespecífica proporcionada pela redução do espaçamento e ou aumento na densidade reduziu os valores dos testes de comprimento de partes das plântulas (Figura 11).

O teste de vigor baseado no desempenho das plântulas de girassol em acumular matéria seca na parte aérea evidenciou efeito significativo dos fatores espaçamento entre linhas, densidade de plantio e local de cultivo isoladamente e interação tripla entre estes fatores sobre o vigor dos aquênios (Tabela 4). Como foram observados os aquênios da FEVC, em Pentecoste, proporcionaram aquênios de maior vigor, pois originaram plântulas com maior massa da matéria seca na parte aérea, em média, 55,98 mg por plântula quando comparados com aqueles da AEDF, em Fortaleza, que foi de 28,79 mg por plântula. As análises desses dados em função do espaçamento entre linhas podem ser observadas na Figura 12A, enquanto que, em função da densidade de plantio não houve ajuste aos modelos de regressão.

Figura 12 - Qualidade fisiológica dos aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 em função do espaçamento entre linhas e em função da densidade de plantio produzidos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza (♦), e na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste (■), baseado na massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) e da raiz (MMSR) das plântulas do teste de emergência, 2012



** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Observou-se que o vigor dos aquênios de girassol, tomando como referência o acúmulo de matéria seca na parte aérea das plântulas, aumentou em função do espaçamento entre linhas estimando-se o acréscimo desta característica na taxa de 1,36 mg por plântula para cada aumento de 0,1 m no espaçamento quando as plantas foram cultivadas na AEDF, em Fortaleza, enquanto que na FEVC, em Pentecoste, esse aumento no potencial fisiológico foi obtido a partir do espaçamento estimado em 0,44 m entre linhas (Figura 12A).

Já no teste de vigor baseado no desempenho das plântulas em acumular matéria seca na raiz observou-se que apenas a densidade de plantio e o local de cultivo, isoladamente,

afetaram o potencial fisiológico dos aquênios e as únicas interações significativas foram obtidas entre estes dois fatores e para o local de cultivo e o espaçamento entre linhas (Tabela 4). O cultivo na FEVC, em Pentecoste, produziu aquênios de maior vigor, pois proporcionou o máximo acúmulo de matéria seca nas raízes das plântulas que, em média, foi de 38,86 mg por plântula enquanto os aquênios da AEDF, em Fortaleza, proporcionaram o acúmulo médio de 27,07 mg por plântula de massa da matéria seca no sistema radicular.

Os dados de vigor dos aquênios de girassol, baseado no teste de acúmulo de matéria seca na raiz das plântulas, produzidos na AEDF, em Fortaleza, e em função do espaçamento entre linhas não ajustaram aos modelos de regressão enquanto que para os aquênios oriundos da FEVC, em Pentecoste, se observou aumento no potencial fisiológico interpretado pelo desempenho em acumular matéria seca estimada em 1,05 mg por plântula para cada aumento de 0,1 m (Figura 12B). Em relação à densidade de plantio na AEDF, em Fortaleza, observou aumento no vigor dos aquênios refletido no acúmulo de matéria seca da raiz das plântulas até a população estimada em 39.500 plantas por hectare seguido por uma redução com o aumento da densidade, enquanto que o potencial fisiológico dos aquênios da FEVC, em Pentecoste, os dados não se ajustaram aos modelos de regressão (Figura 12B).

O acúmulo de matéria seca na plântula conjectura sobre o maior potencial fisiológico das sementes, pois reflete a transferência de matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário (NAKAGAWA, 1999). Os testes de desempenho das plântulas, crescimento (Figura 11) e acúmulo de matéria seca (Figura 12) na parte aérea e na raiz, corroboram o efeito da competição intraespecífica sobre o vigor dos aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 mais não se deve deixar de ponderar que a modificação de outros tratamentos culturais também podem refletir-se no potencial fisiológico dos aquênios. Com o cultivar de girassol IAC-Anhandy, Campos e Sader (1987), não observaram o efeito da adubação com potássio no vigor dos aquênios baseando-se no acúmulo de matéria seca do hipocótilo e da raiz das plântulas, enquanto que, Goya e Sader (1990), observaram efeito positivo da fosfatagem sobre o potencial fisiológico dos aquênios que refletiu em maior acúmulo de matéria seca no hipocótilo das plântulas.

Baseado no teste de germinação e na maioria dos testes de vigor (Tabela 4) observou-se que os aquênios de girassol produzidos na FEVC, em Pentecoste, são mais vigorosos do que aqueles da AEDF, em Fortaleza. Esse comportamento pode ser justificado com base nos dados climáticos (Figura 1), pois ao final do ciclo da cultura já não havia precipitação pluviométrica na FEVC, em Pentecoste, o que pode ter favorecido a maturação

dos aquênios haja vista que os aquênios foram colhidos considerando o mesmo período para o ciclo da cultura, ou seja, 98 dias após a semeadura. Silva *et al.* (2010b), observaram que a maturidade fisiológica de aquênios de girassol da variedade Embrapa 122 cultivado em Monte Carlos-MG é atingida aos 94 dias após a semeadura. Tanto a posição das sementes no capítulo (ALVES *et al.*, 2012) como os fatores ambientais (RADIC' *et al.*, 2009) interferem na qualidade dos aquênios de girassol.

Em síntese, obtive-se na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, CE os maiores valores em altura, número de folhas, área foliar, índice de área foliar, capítulos colhidos, diâmetro do capítulo, massa do capítulo, massa de aquênios por capítulo, massa de 100 aquênios, aquênios por capítulo, produtividade de aquênios, índice de colheita e teor de óleo nos aquênios em detrimento ao cultivo na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, CE.

5 CONCLUSÕES

O arranjo espacial e o ambiente não interagem sobre as características vegetativas e os componentes de produção e interagem sobre o vigor dos aquênios de girassol variedade Embrapa 122.

A maior competição intraespecífica afetam as características vegetativas, reduzem os componentes de produção e o potencial fisiológico dos aquênios, porém não afetam a produtividade.

O local de cultivo é o fator que mais influência nas características vegetativas, nos componentes de produção e na produção de aquênios.

As condições climáticas da Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, CE são mais propícias à produção de aquênios de girassol de maior vigor do a Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, em Fortaleza, CE.

REFERÊNCIAS

- AFFÉRI, F. S. *et al.* Avaliação de cultivares de girassol, em diferentes épocas de semeadura, no Sul do estado do Tocantins, safra 2005/2006. **Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 7, p. 79-87, jul./dez., 2008.
- AGUIAR, M. de J. N. *et al.* Dados climatológicos: estação de Fortaleza, 2003. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, 2004a. 19 p. (Documentos, 86).
- AGUIAR, M. de J. N. *et al.* Dados climatológicos: estação de Pentecoste, 2003. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, 2004b. 16 p. (Documentos, 87).
- AGUIRREZÁBAL, L. A. N. *et al.* **Girassol**: aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Unidad Integrada Balcarce, Bueno Aires, 2001. 111 p.
- ALBUQUERQUE, M. C. de F. E. *et al.* Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 1-8, 2001.
- ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 401-408, mai./jun., 2001.
- ALVES, F. V. *et al.* Composição química e qualidade fisiológica de sementes de girassol de plantas submetidas à competição intraespecífica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3 p. 457-465, 2012.
- AMORIM, E. P. *et al.* Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 307-316, 2008.
- AQUINO, L. A. de *et al.* Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 832-836, 2011.
- ARNABLI, R. F.; GUIMARÃES, D. P.; FARIAS NETO, A. L. de. Análise de crescimento de girassol em Latossolo com diferentes níveis de saturação por bases no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 219-224, 2003.
- ASHLEY, D. A.; DOSS, B. D.; VENNETT, O. L. A method of determining leaf area in cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 55, n. 6, p. 584-585, 1963.
- BACKES, R. L. *et al.* Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte Catarinense. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 41-48, 2008.
- BAHIABIO. **Programa Estadual de Bioenergia**. Edição revisada. Governo do Estado da Bahia, Salvador, 2008. 55 p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal, FUNEP, 2006. 237 p.

BARROS, A. S. do R. *et al.* Teste de frio. In: KRZYŻANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 5.1-5.15.

BONACIN, G. A. *et al.* Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 111–116, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2004-2009, 2009c.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Crescimento de plantas de girassol em função do vigor de aquênios e da densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 1989-1996, out., 2009a.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p.1997-2003, out., 2009b.

BRAZ, M. R. SÁ; ROSSETTO, C. A. V. Acúmulo de nutrientes e rendimento de óleo em plantas de girassol influenciados pelo vigor dos aquênios e pela densidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1193-1204, 2010.

BRENDOLAN, R.A.; PELEGRINI, T. M.; ALVES, P.L.C.A. Efeitos da nutrição mineral na competição inter e intraespecífica de *Eucalyptus gandi* e *Brachiaria decumbens*: 1 – crescimento. **Scientia Florestalis**. n. 58, p. 49-57, dez., 2000.

BROCH, D. L. *et al.* Culturas oleaginosas de outono/inverno e integração lavoura/pecuária como alternativas para região Sul de Mato Grosso do Sul. In.: **Tecnologia e produção: soja e milho 2008/2009**. Maracaju: Fundação MS, 2009, cap. 18, p. 183-200. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br>> Acessado: 15 de dezembro de 2012.

CAMPOS, M. S. de O.; SADER, R. Efeito do potássio na produção e qualidade das sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 9, n. 3, p. 19-27, 1987.

CARRÃO PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Girassol: derivados protéicos**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1994, 27 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documento, 74).

CASTIGLIONI, V. B. R. *et al.* **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1997, 24 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documento, 59).

CASTRO, C. de. *et al.* Avaliação do arranjo de plantas de girassol. **Anais... 19ª Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol/7º Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol - Aracaju/SE**, 2011. p. 241-245.

CASTRO, C. de; CATIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1996, 19 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documento, 67).

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos, quarto levantamento, janeiro de 2013. CONAB - Companhia nacional de Abastecimento, Brasília, 2013, 28 p.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Teste de germinação a baixa temperatura. *In:* KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 7.1-7.4.

DIAS, M. A. N.; MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M. vigor de sementes de milho associado à mato-competição. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2 p. 093-101, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2 ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2006. 367 p.

EVON, P. *et al.* Direct extraction of oil from sunflower seeds by twin-screw extruder according to an aqueous extraction process: Feasibility study and influence of operating conditions. **Industrial Crops and Products**, n. 26, v. 3, p. 351-359, oct., 2007.

FRANÇA NETO, J. de B. Testes de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. *In:* KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 8.1-8.7.

FREITAS, S. M. de; FERREIRA, C. R. R. P. T.; TSUNECHIRO, A. O mercado de óleos vegetais e o potencial da cultura do girassol no Brasil, 1993-96. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 2, fev. 1998.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro.** 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GARCIA, A. *et al.* Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. **Embrapa-CNPSO**, Londrina, 2007. 12p. (Circular Técnica, 51).

GOYA, P. G. R.; SADER, R. Efeito da adubação fosfatada na qualidade de sementes de girassol da cv. IAC-Anhandy. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 12, n. 3, p. 17-27, 1990.

GUEDES, R. S. *et al.* Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 793-802, 2009.

GUSTAFSON, D. J.; GIBSON, D. J.; NICKRENT, D. L. Competitive relationships of *Andropogon gerardii* (Big Bluestem) from remnant and restored native populations and select cultivated varieties. **Functional Ecology**, British, v. 18, n. 3, p. 451-457, 2004.

HECKLER, J. C. Sorgo e girassol no Outono-Inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 517-520, 2002.

HÖFS, A. *et al.* Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 2, p.54-62, 2004.

ISELY, D. Vigor tests. **Proceedings of the Association of the Official Seed Analysts**, Virginia, v.47, n.1, p.176-182, 1957.

JULIATTI, F. C. Avanços no tratamento de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 54-55, 2010.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p.1248-1256, nov./dez., 2005.

KRZYZANOSWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.11, n.3, p.81-84, 2001.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada. *In*: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 6.1-6.8.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 550 p.

LEITE, R. M. V. B. de C. *et al.* Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima. **Embrapa-CNPSO**, Londrina, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 78).

LENTZ, D. L. *et al.* Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, v. 55, n. 3, p. 370-376, jul./sep., 2001.

LIRA, M. A. *et al.* **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino**. Natal, EMPARN, 2011, 40 p. (Documentos, 40).

MAEDA, J. A. *et al.* Discriminação entre lotes de sementes de girassol através do teste de envelhecimento rápido. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 1, p. 133-141, 1986.

MANDARINO, G. M. J. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1992, 25 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documento, 52).

MAPA. **Anuário estatístico da agroenergia**. 2 ed. 2011. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2011. 224 p.

MARCOS FILHO, J. Pesquisa sobre vigor de sementes de hortaliças. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 63-75, 2001.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. p.3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. *In*: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. p.1.1-1.21.

- MARTIN, T. N. *et al.* Spatial distribution of sunflower cultivars and the relationship between growth features. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, abr./jun., p. 338-345, 2012.
- MAUAD, M. *et al.* Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.
- MELEÁN, J. A. **Manual para el cultivo del girasol**. 1 ed. Araure, Venezuela, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 2009, 48 p. (Serie B nº 20).
- MELO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. da. potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2004.
- MORAES, M. T. de. *et al.* Qualidade fisiológica de aquênios de girassol cultivado no norte do rio grande do sul. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 789-806, 2012.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. *In*: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.
- OLIVEIRA, A. C. S. *et al.* Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Revista Científica Internacional**, America do Norte, v. 2, n. 4, jan., 2009.
- OLIVEIRA, F. N. de. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de girassol avaliadas por condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 279-287, jul./set., 2012.
- ORLANDO, A. F. **Cultivo de girassol na "safrinha" no oeste do Paraná**: efeitos do espaçamento entre linhas e populações de plantas. 2008. 40f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2008.
- PANAZZO, L. E. *et al.* Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 16, n. 1, p. 32-41, 2009.
- PERRY, D. A. Report of the vigour test committee 1974-1977. **Seed Science and Technology**, New Dehli, v. 6, n. 1, p. 159-181, 1978.
- PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D'A; ROTA, G. R. M. (Eds). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1. ed. Pelotas, RS: UFPel, 2003. 415 p.
- PIIRONEN, V. *et al.* Review - Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 939-966, may., 2000.
- PIVETTA, L. G. *et al.* Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 561-568, jul./set., 2012.

- PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 491-499, 2007.
- RADIĆ, V. *et al.* Interdependence of sunflower seed quality parameters. **Helia**, v. 32, n. 50, p. 157-164, 2009.
- RIBEIRO, J. L. Manejo da cultura do girassol no Meio-Norte do Brasil. **Embrapa Meio-Norte**, Teresina, 2008. 9 p. (Circular Técnica, 48).
- RIZZARDI, M. A.; SILVA, P. R. F. Resposta de cultivares de girassol à densidade de plantio em duas épocas de semeadura: I - rendimento de grãos e óleo e componentes de rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 6, p. 675-687, jun., 1993.
- SALGIN, U.; DÖKER, O.; ÇALIMLI, A. Extraction of sunflower oil with supercritical CO₂: experiments and modeling. **Journal of Supercritical Fluids**, n. 38, v. 3, p. 326-331, oct., 2006.
- SANTOS, A. C. DOS *et al.* Variabilidade temporal da precipitação pluvial: nível de nitrogênio no solo e produtividade de cultivares de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 757-764, 2002.
- SANTOS, J. F. dos. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 910-915, 2011.
- SCHEEREN, B. R. *et al.* Qualidade fisiológica e produtiva de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3 p. 35-41, 2010.
- SCHUCH, L. O. B. *et al.* Emergência no campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6 n. 2, p. 97-101. mai./ago., 2000.
- SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; CANTARELLI, L. D. Relação entre a qualidade de sementes de aveia-preta e a produção de forragem e de sementes. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2008.
- SILVA, A. G. da. *et al.* Efeitos do espaçamento entre linhas nos caracteres agronômicos de três híbridos de girassol cultivados na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 105-110, 2009a.
- SILVA, A. G. *et al.* Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 31-38, 2009b.
- SILVA, A. R. A. da. *et al.* Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 57-64, jan./mar., 2011b.
- SILVA, C. D. da; PAZETO, M. S. R.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and mineral composition of the imbibition solution of bean seeds during storage. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 36, n. 2, p. 147 -155, mar./abr., 2012.

- SILVA, H. P. da. *et al.* Maturação fisiológica do girassol para a produção de sementes. *In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, João Pessoa, PB. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010b. p. 2124-2128.
- SILVA, H. P. *et al.* Qualidade de sementes de *Helianthus annuus* L. em função da adubação fosfatada e da localização na inflorescência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p.1160-1165, 2011a.
- SILVA, P. R. F. da. *et al.* Densidade e arranjo de plantas em girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 797-810, jun., 1995.
- SILVA, P. R. F. da; NEPOMUCENO, A. L. Efeito do arranjo de plantas no rendimento de grãos, componentes do rendimento, teor de óleo e no controle de plantas daninhas em girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1503-1508, set., 1991.
- SILVA, S. D. da. *et al.* Produção de girassol no semiárido paraibano sob diferentes espaçamentos. *In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, João Pessoa, PB. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010a. p. 1449-1453.
- SKRBIC, B.; FILIPCEV, B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. **Food Chemistry**, n. 108, v. 1, p. 119-129, mai., 2008.
- SMIDERLE, O. J. *et al.* Adubação nitrogenada do girassol nos cerrados de Roraima. **Embrapa Roraima**, Boa Vista, 2004. 5 p. (Comunicado Técnico, 08).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 918 p.
- TSUZUKI, M. Y.; CAVALLI, R. O.; BIANCHINI, A. Effect of salinity on survival, growth, and oxygen consumption of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). **Journal of shellfish research**, New York, v. 22, n. 2, p. 555-559, jun., 2003.
- VIEIRA, R. D.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. *In:* KRZYŻANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Dailton; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.
- VOGT, G. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SOUZA, A. M. de; Divergência fenotípica em genótipos de girassol. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 11, n. 1, p. 26-34, 2012.
- WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals Botany**, v. 11, n. 1, p. 41-76, 1947.
- YOKOMIZO, E. O combustível do girassol. **CREA**, Curitiba, n. 21, p. 18-23, fev./mar., 2003.
- ZABANIOTOU, A. A.; KANTARESLIS, E. K.; THEODOROPOULOS, D. C. Sunflower shells utilization for energetic purposes in an integrated approach of energy crops: Laboratory study pyrolysis and kinetics. **Bioresource Technology**, n. 99, v. 8, p. 3174-3181, mai., 2008.

ZAFFARONI, E.; SILVA, M. A. V.; AZEVEDO, P. V. de. Potencial agroclimático da cultura do girassol no estado da Paraíba: II necessidade de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1493-1501, 1994.

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**. Uruguaiana, v.11, n.1, p. 10-30. 2004.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1 ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Luiz, 1020 p., 2008.