



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

**RAIMUNDO THIAGO LIMA DA SILVA**

**CULTIVO DE GIRASSOL NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO -PA:  
PLASTOCRONO, LÂMINAS DE ÁGUA E ADUBAÇÃO BORÁCICA**

**FORTALEZA**

**2015**

**RAIMUNDO THIAGO LIMA DA SILVA**

**CULTIVO DE GIRASSOL NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO -PA:  
PLASTOCRONO, LÂMINAS DE ÁGUA E ADUBAÇÃO BORÁCICA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho

**FORTALEZA  
2015**

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

- 
- S583c Silva, Raimundo Thiago Lima da.  
Cultivo de girassol no município de Capitão Poço – PA: plastocrono, lâminas de água e adubação borácica / Raimundo Thiago Lima da Silva. – 2015.  
82f. il., color. enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2015.  
Área de concentração: Fitotecnia.  
Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.
1. Girassol – cultivo. 2. Micronutriente. 3. Soma térmica. I. Título.

**RAIMUNDO THIAGO LIMA DA SILVA**

**CULTIVO DE GIRASSOL NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO -PA:  
PLASTOCRONO, LÂMINAS DE ÁGUA E ADUBAÇÃO BORÁCICA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Fitotecnia.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador)**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

**Prof. Dr. Alek Sandro Dutra**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

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

---

**Prof. Dr. Salvador Barros Torres**  
**Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA)**

---

**Prof. Dr. Ciro de Miranda Pinto**  
**Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB)**

**A Deus.**

**Aos meus pais, Lucivaldo da Silva e Francisca Orquidia Lima de Queiroz e, aos meus avós, Wilson Lima Ferreira de Queiroz e Rita Lima de Queiroz.**

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus, pois nada sou sem sua ajuda divina.

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/ Fitotecnia, pela possibilidade de cursar o doutorado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Sebastião Medeiros Filho, pela orientação, paciência, confiança, incentivo, amizade e, principalmente, pelos conhecimentos compartilhados.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/ Fitotecnia, pelos conhecimentos compartilhados.

A Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Capitão Poço, por disponibilizar suas instalações, funcionários e bolsistas para a realização desta pesquisa.

Ao professor Cândido Ferreira de Oliveira Neto, pela ajuda nas análises bioquímicas.

Aos alunos: Leane Castro de Souza, Antonio Robson Moreira, Layla Gerusa Souza, Raimundo Leonardo Lima de Oliveira, Antonia Vanderlane Albuquerque da Costa, Jairo dos Santos Reis, Wendel Kaian Oliveira Moreiara, Anajeysa Carvalho de Souza, Euzanyr Gomes da Silva, Rian Antonio dos Reis Ribeiro e Antonio Thomaz Guimarães.

A todas as pessoas que não foram mencionadas, mas que de alguma forma auxiliaram na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

**Muito obrigado!**

“Viva de maneira a não se arrepender se algo que você disser ou fizer for publicado. Mesmo que o que for publicado seja mentira.”

(Winston Churchill)

## RESUMO

A obtenção de informações por meio da pesquisa tem sido decisiva para dar suporte tecnológico ao desenvolvimento da cultura do girassol, garantindo maiores produtividades e retornos econômicos. Entre as várias tecnologias desenvolvidas para a produção de girassol, a escolha adequada de cultivares constitui um dos principais componentes do sistema de produção da cultura. Diante da existência de interação genótipos x ambientes, são necessárias pesquisas, a fim de determinar o comportamento agrônômico dos genótipos e sua adaptação às diferentes condições locais. Partindo desse princípio, foram desenvolvidos quatro experimentos no município de Capitão Poço, PA, com duas cultivares de girassol, a Embrapa - 122 e Catissol. No experimento I, determinou-se o plastocrono das cultivares de girassol, semeadas em duas épocas do ano. No experimento II, avaliou-se o efeito de diferentes lâminas de água sobre o comportamento produtivo das cultivares de girassol, cultivadas em ambiente protegido, visando definir critérios para o manejo da irrigação. No experimento III, avaliaram-se sete doses de boro (10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg, 50 mg, 60 mg e 70 mg planta<sup>-1</sup>) e uma testemunha, nas características de crescimento e produção de plantas de girassol. E no Experimento IV, o objetivo foi verificar o conteúdo relativo de água, as concentrações, de aminoácidos solúveis totais, de proteínas solúveis totais, de amônio livre, de prolina e a atividade da redutase do nitrato, em folhas de girassol, em função de duas cultivares e de diferentes lâminas de água. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que: as épocas de semeadura, os subperíodos de desenvolvimento vegetativo e as cultivares, possuem efeito direto sobre o plastocrono em girassol, com variações de 14,6 a 87,0 °C dia nó<sup>-1</sup>; a cultivar Catissol obteve valores de massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca do capítulo e o diâmetro do capítulo superior a Embrapa – 122; para o efeito das lâminas de água, a massa de 100 aquênios, a produção por planta, a massa de matéria seca da parte aérea, a massa de matéria seca do capítulo e o diâmetro do capítulo responderam de modo linear as lâminas de água. As variáveis, produção, massa de 100 aquênios e número de folha, foram otimizadas por pequenas doses de boro; e por fim, as lâminas de água aplicadas influenciaram nas concentrações de aminoácidos, de proteína, de prolina, do conteúdo relativo de água e na atividade da redutase do nitrato, nas folhas de girassol, assim como o material genético em estudo, apresentou resultados diferenciados, para essas variáveis, com exceção da atividade da redutase do nitrato. Portanto, percebeu-se que o girassol desempenha mecanismos de ajustamento osmótico nas folhas, para tolerar diversas situações de umidade de água no solo.

**Palavras – chave:** Micronutriente. soma térmica. *Helianthus annuus* L.

## ABSTRACT

The obtainment of information through the research has been decisive to provide technological support to sunflowers culture development, granting better productivities and economical incomes. Among the various technologies developed to sunflowers production, the adequate choice of cultivars constitutes one of the main components in the system of culture production. Considering the existence of the interaction genotypes x environment, researches are required, aiming to determine the agronomic behavior of genotypes and their adaptation to different environment conditions. Based on these principles, there were developed four experiments in Capitão Poço City, in Pará State, in Brazil, with two sunflower cultivars, Embrapa – 122 and Catissol. On experiment I, sunflower cultivars' plastochron was determined, sowed in two seasons in the year. On experiment II, the effect of different water slides over the productive behavior of sunflower cultivars was evaluated, which were cultivated in protected behavior, aiming to define criteria to irrigation handling. On experiment III, there were evaluated seven doses of boron (10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg, 50 mg, 60 mg, 70 mg plant<sup>-1</sup>) and a witness, on the growing characteristics and on sunflower plants production. And on Experiment IV, the objective was to verify the relative content of water, the concentrations of total soluble amino acids, of total soluble proteins, of free ammoniums, deprolina and the activity of nitrate reductase, in sunflower leaves, in function of two cultivars and of different water slides. Through the obtained results, it was concluded that: the sowing seasons, the sub periods of vegetative development and the cultivars, possess different rights over the plastochron in sunflowers, with variations of 14,6 to 8787,0 °C day knot<sup>-1</sup>; the cultivar Catissol obtained values of mass of dried matter from the aerial part, mass of dried matter from the flower and the flower diameter responded in a linear way to the water slides. The variables, production, mass of 100 achenes and the number of leaves, were optimized by small doses of boron; and, finally, the applied water slides influenced on the concentrations of amino acids, protein, proline, relative content of water and on the activity of nitrate reductase, on sunflower leaves, as the genetic material in studies, presented different results, to these variables, excepting for the activity of nitrate reductase. Therefore, it was realized that sunflowers make mechanisms of osmotic adjustment in leaves, to tolerate various situations of humidity of water in the soil.

**Key Words:** Micronutrient. Thermal sum. *Helianthusannuus*L.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 1: ESTIMATIVA DE PLASTOCRONO EM CULTIVARES DE GIRASSOL

- Figura 1 - Plântulas de girassol (*Helianthus annuus* L.) na fase de emergência (A) e na fase vegetativa com doze folhas.....24
- Figura 2 - Plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) na fase de emissão do broto floral (A) e na fase de florescimento inicial (B).....25
- Figura 3 - Variação da soma térmica diária (STd, °C dia) no período: emergência ao enchimento dos aquênios de girassol (A e B), respectivamente, para as épocas de semeadura 1 e 2. Capitão Poço, PA, 2013.....26
- Figura 4 - Evolução da estatura de plantas (cm) (A) e (B) e índice de área foliar (C) e (D) de girassol, de acordo com a soma térmica acumulada (STa, °C dia) nas épocas 1 e 2, respectivamente. Capitão Poço, PA, 2013. ....28
- Figura 5 - Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do plastocrono nos períodos: Emergência-Fase V12 (A e B), Emergência-Broto Floral (C e D) e Fase V12- Broto Floral (E e F), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da Cultivar Catissol. Capitão Poço, PA, 2013.....29
- Figura 6 - Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do plastocrono nos períodos: Broto Floral- Florescimento Inicial (G e H), Fase V12- Florescimento Inicial (I e J) e Emergência - Florescimento Inicial (L e M), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da Cultivar Catissol. Capitão Poço, PA, 2013.....30
- Figura 7 - Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do plastocrono nos períodos: Emergência-Fase V12 (A e B), Emergência-Broto Floral (C e D) e Fase V12- Broto Floral (E e F), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da Cultivar Embrapa - 122. Capitão Poço, PA, 2013.....31
- Figura 8 - Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do

plastocrono nos períodos: Broto Floral- Florescimento Inicial (G e H), Fase V12- Florescimento Inicial (I e J) e Emergência - Florescimento Inicial (L e M), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da Cultivar Embrapa - 122. Capitão Poço, PA, 2013.....32

## **CAPÍTULO 2: PRODUÇÃO DE GIRASSOL EM AMBIENTE PROTEGIDO COM DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA**

- Figura 1 - Análise de regressão para estimativa da Massa de 100 aquênios (M100) e da Produção (PROD), de plantas de girassol, submetidas a diferentes lâminas de água. Capitão Poço, PA, 2013.....43
- Figura 2 - Massa de Matéria Seca da Parte Aérea (MMS-PA) de girassol, das cultivares Catissol e Embrapa - 122 (A) e em função de lâminas de água (B). Capitão Poço, PA, 2013.....45
- Figura 3 - Massa de Matéria Seca do Capítulo (MMS-C) de girassol, das cultivares Catissol e Embrapa - 122 (A) e em função de lâminas de água (B). Capitão Poço, PA, 2013.....45
- Figura 4 - Diâmetro do Capítulo (D-C) de girassol, das cultivares Catissol e Embrapa - 122 (A) e em função de lâminas de água (B). Capitão Poço, PA, 2013.....45
- Figura 5 - Massa de Matéria Seca da Raiz de girassol, em função de lâminas de água, e das cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.....46
- Figura 6 - Número de Aquênios por planta de girassol, em função de lâminas de água, e das cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.....47

## **CAPÍTULO 3: CULTIVO DE GIRASSOL EM DIFERENTES DOSES DE BORO**

- Figura 1 - Análise de regressão para estimativa da Massa de 100 aquênios (M100), de plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.....57
- Figura 2 - Análise de regressão para estimativa da Produção/planta de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.....58
- Figura 3 - Análise de regressão para estimativa do número de folhas aos 40 dias após a emergência das plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.....60

Figura 4 - Análise de regressão para estimativa do número de folhas aos 50 dias após a emergência das plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.....	61
Figura 5 - Análise de regressão para estimativa do número de folhas aos 60 dias após a emergência das plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.....	61

**CAPÍTULO 4: DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA**

Figura 1 - Análise de regressão para estimativa da concentração de aminoácido solúvel total em folhas de plantas de girassol, submetidas a diferentes lâminas de água, Capitão Poço - PA, 2013.....	74
Figura 2 - Análise de regressão para estimativa da atividade da redutase do nitrato em folhas de plantas de girassol, submetidas a diferentes lâminas de água, Capitão Poço - PA, 2013.....	74
Figura 3 - Concentração de proteínas solúveis totais em folhas de plantas de girassol, em função de diferentes lâminas de água. Cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.....	76
Figura 4 - Concentração de prolina em folhas, de plantas de girassol, em função de diferentes lâminas de água. Cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.....	76
Figura 5 - Conteúdo relativo de água em folhas de plantas de girassol, em função de diferentes lâminas de água. Cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.....	78

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1: ESTIMATIVA DE PLASTOCRONO EM CULTIVARES DE GIRASSOL**

Tabela 1 - Número de dias de observações (Obs), soma térmica acumulada (STa, °C dia) e número final de nós (N° nós), e duas cultivares de girassol. Capitão Poço, PA, 2013.....27

### **CAPÍTULO 2: PRODUÇÃO DE GIRASSOL EM AMBIENTE PROTEGIDO COM DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA**

Tabela 1 - Análise de variância dos dados referentes a massa de matéria seca da parte aérea (MMS-PA), massa de matéria seca do capítulo (MMS-C), massa de matéria seca da raiz (MMS-R), diâmetro do capítulo (D-C), produção de aquênios por planta (PROD), massa de 100 aquênios (M100) e número de aquênios por planta (NA) de girassol em função de duas cultivares e diferentes lâminas de água. Capitão Poço, PA, 2013.....42

### **CAPÍTULO 3: CULTIVO DE GIRASSOL EM DIFERENTES DOSES DE BORO**

Tabela 1 - Análise de variância dos dados referentes à produção de aquênios por planta (PROD), massa de 100 aquênios (M100) e número de aquênios por planta (NA) de girassol, cultivares Catissol e Embrapa – 122, em função de diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.....56

Tabela 2 - Análise de variância dos dados referentes ao número de folhas de girassol, cultivares Catissol e Embrapa – 122, em função de diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.....59

Tabela 3 - Valores médios de número de folhas de girassol em função de duas cultivares. Capitão Poço, PA, 2013.....60

### **CAPÍTULO 4: DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA**

Tabela 1 - Análise de variância dos dados referentes a concentração de aminoácidos solúveis totais (AST), a concentrações de proteínas solúveis totais (PST), a concentração

de amônio livre (AL), a concentrações de prolina (PRO), o conteúdo relativo de água (CRA) e a atividade da redutase do nitrato (ARN) em folhas de girassol, cultivares Catissol e Embrapa – 122, em função de diferentes lâminas de água. Capitão Poço, PA, 2013.....73

Tabela 2 - Valores médios da concentração de aminoácidos solúveis totais (AST), da concentração de amônio livre (AL) e da atividade da redutase do nitrato (ARN) em folhas de girassol, cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço, PA, 2013.....75

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área Foliar
AL	Concentração de Amônio Livre
ARN	Atividade da Redutase do Nitrato
AST	Concentração de Aminoácidos Solúveis Totais
B	Boro
BF	Broto Floral
C.V.	Coeficiente de Variação
CRA	Conteúdo Relativo de Água
DAE	Dias Após Emergência
D-C	Diâmetro do Capitulo
EM	Emergência
FI	Florescimento Inicial
FV	Fonte de Variação
IAF	Índice de Área Foliar
L	Largura
M100	Massa de 100 aquênios
MMS-C	Massa de Matéria Seca do Capitulo
MMS-PA	Massa de Matéria Seca da Parte Aérea
MS	Massa Seca
NA	Número de Aquênios por planta
NFN	Número Final de Nós
NK	Nitrogênio e Potássio
NN	Número de Nós
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
PP	Precipitação Pluviométrica
PRO	Concentrações de Prolina
PROD	Produção de Aquênios por Planta
PST	Concentrações de Proteínas Solúveis Totais
STa	Soma Térmica acumulada
STd	Soma Térmica diária
Tb	Temperatura base
Tmax	Temperatura máxima

Tot	Temperatura ótima
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia
V12	Fase vegetativa com doze folhas

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
μ	Micro
°	Graus

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1: ESTIMATIVA DE PLASTOCRONO EM CULTIVARES DE GIRASSOL**

1.1 INTRODUÇÃO.....	21
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
1.4 CONCLUSÃO.....	34
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

### **CAPÍTULO 2: PRODUÇÃO DE GIRASSOL EM AMBIENTE PROTEGIDO COM DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA**

2.1 INTRODUÇÃO.....	39
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
2.4 CONCLUSÃO.....	48
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

### **CAPÍTULO 3: CULTIVO DE GIRASSOL EM DIFERENTES DOSES DE BORO**

3.1 INTRODUÇÃO.....	54
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
3.4 CONCLUSÃO.....	63
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

### **CAPÍTULO 4: DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA**

4.1 INTRODUÇÃO.....	68
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	69
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4.4 CONCLUSÃO.....	79
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>82</b>
------------------------------------	-----------

## ESTIMATIVA DE PLASTOCRONO EM CULTIVARES DE GIRASSOL

Raimundo Thiago Lima da Silva<sup>1</sup>, Sebastião Medeiros Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará - CE.

<sup>2</sup>Professor Associado IV da Universidade Federal do Ceará - CE.

**Resumo:** O plastocrono, intervalo de tempo entre o aparecimento de dois nós sucessivos, é uma importante variável do desenvolvimento vegetativo e tem como unidade °C dia nó<sup>-1</sup>. O objetivo deste trabalho foi estimar o plastocrono em plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivares Catissol e Embrapa – 122, cultivadas em duas épocas de semeadura (sequeiro e irrigado), no município de Capitão Poço - PA. Em cada época, foram marcadas aleatoriamente 100 plantas, das quais se contou o número de nós a cada dois dias e, semanalmente, avaliou-se a largura das folhas e a estatura de todas as plantas. O plastocrono foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de nós acumulados na haste principal e a soma térmica acumulada após a emergência. O ciclo da cultura foi dividido em subperíodos a fim de avaliar a demanda calórica em cada estágio de desenvolvimento. As épocas de semeadura, os subperíodos de desenvolvimento vegetativo e as cultivares possuem efeito direto sobre o plastocrono em girassol.

**Palavras - chave:** nó. haste principal. demanda calórica. *Helianthus annuus* L.

## 1.1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) apresenta características agronômicas importantes, como maior tolerância à seca, ao frio e ao calor, quando comparado com a maioria das espécies cultivadas no Brasil (LEITE *et al.*, 2005). Entretanto, sabe-se que ocorre interação entre genótipos e ambientes, havendo variação do comportamento de cultivares em função da região e época de plantio (PORTO *et al.*, 2007). Aliado a isso, possui ainda excelente qualidade do óleo comestível, bom aproveitamento dos subprodutos da extração, como tortas e/ou farinhas para rações animais, bem como, da sua utilização na produção de biocombustível e, também, como planta ornamental (SOUZA *et al.*, 2011). Devido a essas particularidades e à crescente demanda do setor industrial e comercial, a cultura do girassol se tornou uma alternativa econômica no sistema de rotação, consórcio e sucessão de culturas em diversas regiões do Brasil.

A unidade de tempo utilizada para caracterizar o desenvolvimento vegetativo é a soma térmica (°C dia) (STRECK *et al.*, 2005). A soma térmica é a medida de tempo biológico das plantas em substituição ao calendário civil, pois quantifica o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal, o qual é um dos fatores ecológicos que governam o desenvolvimento das plantas, incluindo o aparecimento de nós e folhas (McMASTER; SMIKA, 1988).

Segundo Baker e Reddy (2001) e Streck *et al.* (2008), o número de nós (NN) em uma haste é utilizado como parâmetro de desenvolvimento vegetativo em diferentes espécies, visto que está relacionado com o surgimento de outros órgãos de plantas, como folhas e inflorescências. Para sua determinação, é frequente a utilização do conceito de plastocrono, que é definido, em dicotiledôneas, como o intervalo de tempo entre o aparecimento de dois nós sucessivos na haste, com dimensão de tempo nó<sup>-1</sup> (STRECK *et al.*, 2005).

O conceito do plastocrono tem sido amplamente empregado para calcular o NN em modelos de simulação do desenvolvimento de espécies, como o algodoeiro (PEREIRA *et al.*, 2010), a melancia (LUCAS *et al.*, 2012), o crambe (TOEBE *et al.*, 2010), o feijão-de-vagem (HELDWEIN *et al.*, 2010) e a corriola (PAULA e STRECK, 2008). Como cada folha é associada a um nó, o NN está diretamente relacionado com a evolução da área foliar, a qual é responsável pela interceptação da radiação solar usada na fotossíntese para produção de biomassa (MARTINS *et al.*, 2011).

Segundo (STRECK *et al.*, 2007), a adaptação e o manejo mais adequado de uma cultura agrícola, pode ser verificado com a avaliação do desenvolvimento do vegetal em

diferentes épocas de semeadura. Para diferentes genótipos de uma mesma espécie e para semeaduras em diferentes épocas de um mesmo genótipo, foram verificados diferentes valores de filocrono ou de plastocrono (STRECK *et al.*, 2006a; 2007; 2008)

A determinação do plastocrono em diferentes cultivares de girassol, cultivadas em períodos distintos (inverno e verão), é importante tanto em estudos básicos que envolvem a modelagem do desenvolvimento, como também, em estudos aplicados para melhorar o manejo dessa cultura, com vista a aumentar o rendimento e o melhor período para o cultivo dessa oleaginosa nas condições locais. Portanto, o objetivo deste estudo foi determinar o plastocrono de duas cultivares de girassol, semeadas em duas épocas do ano, no município de Capitão Poço – PA.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - Campus de Capitão Poço, no município de Capitão Poço localizada na microrregião do Guamá no Estado do Pará, com latitude de 01°41'36" S e longitude 047°06'39" W e altitude média da área em torno de 73 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am com precipitação anual em torno de 2.500 mm, com uma curta estação seca entre setembro e novembro (precipitação mensal em torno de 60 mm), temperatura média de 26 °C e umidade relativa do ar entre 75% e 89% nos meses com menor e maior precipitação, respectivamente (SCHWART, 2007).

Foram realizadas duas épocas de semeadura em 03/03/13 (época 1 - chuvoso) e 12/09/13 (época 2 – irrigado) e a emergência foi observada, respectivamente, nos dias 10/03/13 e 20/09/13. A irrigação foi realizada por um sistema de gotejamento, com lâmina fixa de 5 mm dia<sup>-1</sup>. Foram utilizadas em cada época as cultivares de girassol, Embrapa - 122 e Catissol.

Amostras do solo da área onde foi realizado o experimento foram analisadas no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. As análises químicas e físicas apresentaram os seguintes resultados: pH água = 4,5; condutividade elétrica = 0,25 dS m<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 0,70 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,60 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup> = 0,05 cmolc Kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> = 0,09 cmolc Kg<sup>-1</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = 4,46 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,80 cmolc Kg<sup>-1</sup>; S = 1,4 cmolc Kg<sup>-1</sup>; T = 5,9 cmolc Kg<sup>-1</sup>; C = 8,52 g Kg<sup>-1</sup>; N = 0,86 g Kg<sup>-1</sup>; C/N = 10; M. O. = 14,69 g Kg<sup>-1</sup>; V = 24 %; m = 36 %; P assimilável = 8 mg kg<sup>-1</sup>; areia grossa = 575 g Kg<sup>-1</sup>; areia fina = 248 g Kg<sup>-1</sup>; silte = 60 g Kg<sup>-1</sup>; argila = 117 g Kg<sup>-1</sup>; argila natural = 49 g Kg<sup>-1</sup>; grau

de floculação =  $59 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ; densidade global =  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ ; densidade de partícula =  $2,54 \text{ g cm}^{-3}$ ; umidade  $0,033 \text{ MPa} = 17,48 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ; umidade  $1,5 \text{ MPa} = 8,69\text{g } 100\text{g}^{-1}$  e classificação textural franco arenosa.

A adubação de fundação nas duas épocas consistiu de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . E a adubação de cobertura, consistiu de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , com 15 dias após a emergência das plantas. Para a correção da acidez do solo, foi realizada uma calagem, de acordo com a recomendação da análise química do solo. As plantas foram dispostas, em espaçamento entre fileiras de 0,90 m e entre plantas de 0,50 m.

Para cada época e cultivar, foram marcadas aleatoriamente, logo após a emergência, 100 plantas, das quais foi quantificado o número de nós visíveis na planta a cada dois dias até o enchimento dos aquênios. Considerou-se cada planta uma repetição.

Considerou-se um novo nó quando a folha associada a esse nó apresentava-se expandida, considerado o momento em que as bordas das folhas já se apresentavam planas, sem encurvamento. Foram medidos semanalmente a largura (L) de todas as folhas de cada planta e utilizou-se a equação:  $AF=1,7582*(L)^{1,7069}$  para a determinação da área foliar de cada planta (MALDANER *et al.*, 2009). O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela relação entre a área foliar de cada planta e o respectivo espaço de solo ocupado por ela ( $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ ). Avaliou-se semanalmente a estatura de plantas (cm) por meio de régua milimetrada, considerando a altura máxima da planta a partir da superfície do solo.

Os dados diários de temperatura mínima e máxima do ar foram coletados na Estação Meteorológica Automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a aproximadamente 100 m da área experimental.

A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada conforme metodologia proposta por (GILMORE e ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960; STRECK *et al.*, 2005):

$$STd=(Tmed - Tb).1\text{dia}, \text{ quando } Tb < Tmed \leq Tot \quad (1)$$

$$STd=[(Tot - Tb).(Tmed - Tmax)/(Tot - Tmax)].1 \text{ dia}, \text{ quando } Tot \leq Tmed \leq Tmax \quad (2)$$

Sendo que: Tb é a temperatura base, Tot é a temperatura ótima, Tmax é a temperatura máxima para o desenvolvimento do girassol e Tmed é a temperatura média do ar calculada pela média aritmética entre a temperatura mínima e a temperatura máxima diária do ar. Utilizou-se Tb =  $7,2 \text{ }^\circ\text{C}$  (SANGOI e SILVA, 1986), Tot =  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  e Tmax =  $34 \text{ }^\circ\text{C}$  (EMBRAPA, 2002).

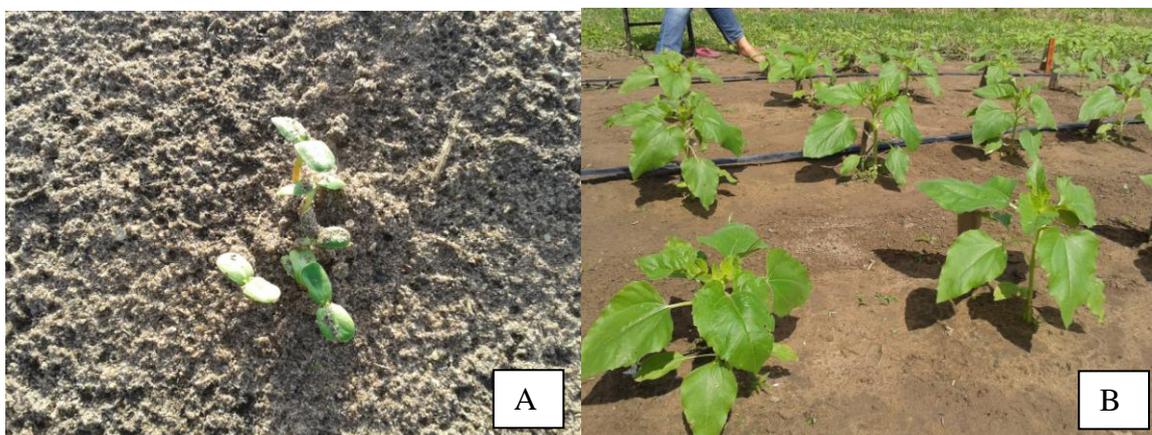
A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir da emergência foi calculada por:

$$STa = \sum STd \quad (3)$$

Para cada época de cultivo para as duas cultivares, obteve-se a regressão linear entre o número de nós acumulados (NN) na planta e a soma térmica acumulada (STa) a partir da emergência. O plastocrono (°C dia nó<sup>-1</sup>) foi considerado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NN e STa (KLEPPER *et al.*, 1982; BAKER e REDDY, 2001; SINCLAIR *et al.*, 2005).

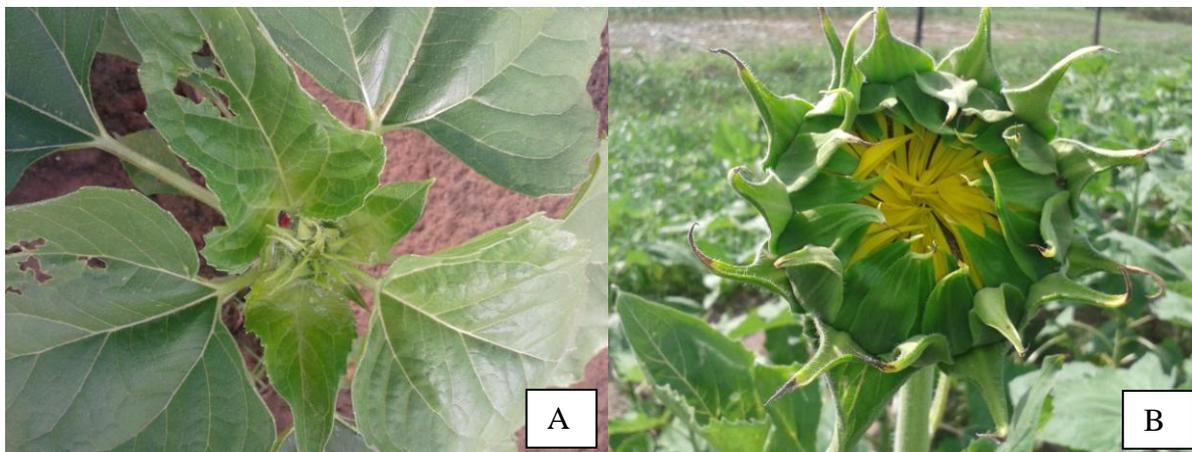
A fim de determinar o plastocrono nos diferentes subperíodos, foram gerados, para as duas épocas e nas duas cultivares, modelos de regressão considerando os seguintes subperíodos: emergência (EM) até a fase vegetativa com doze folhas (V12), emergência até a emissão do broto floral (BF), fase vegetativa com doze folhas até a emissão do broto floral, broto floral até o florescimento inicial (FI), fase vegetativa com doze folhas até o florescimento inicial e da emergência até o florescimento inicial (Figuras 1,2, 3 e 4) .

Figura 1: Plântulas de girassol (*Helianthus annuus* L.) na fase de emergência (A) e na fase vegetativa com doze folhas.



Fonte: Foto do autor.

Figura 2: Plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) na fase de emissão do broto floral (A) e na fase de florescimento inicial (B).



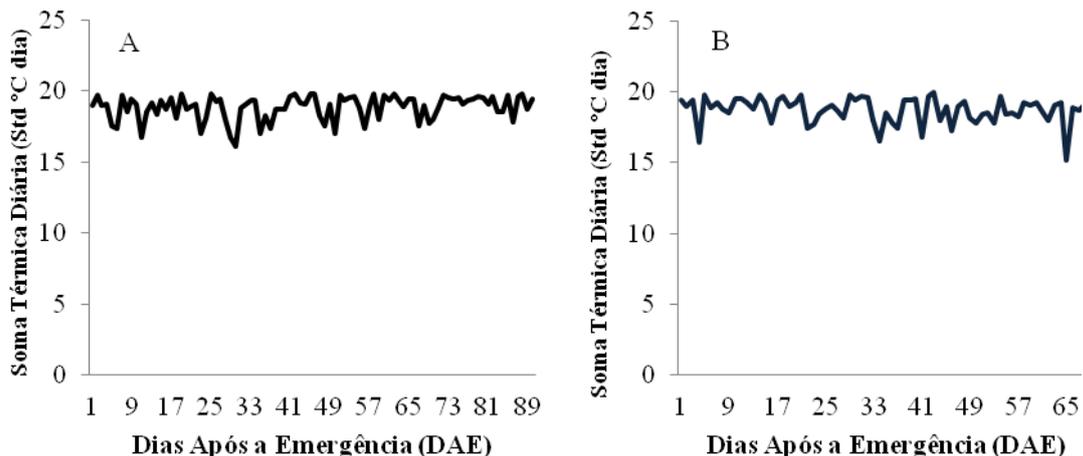
Fonte: Foto do autor.

As médias de nós por subperíodos foram comparadas entre as épocas 1 e 2 pelo teste t, em 1% de probabilidade de erro através do software Action. As equações de estimativa de plastocrono foram obtidas por meio do aplicativo *Office Excel*.

### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A soma térmica diária (STd) média, a temperatura máxima diária do ar (Tmax) a temperatura média diária do ar (Tmed) e a precipitação pluviométrica (PP) no subperíodo que compreende da emergência das plântulas até o enchimento dos aquênios de girassol, foi de (18,84 °C dia; 32,90 °C; 27,0 °C; 1122,2 mm) e (18,64 °C dia; 34,3 °C; 27,2 °C; 148,6 mm), nas épocas 1 e 2, respectivamente. Embora os valores médios de STd e Tmed sejam próximos (Figuras 3A e 3B), a maior Tmax e a menor PP, na época 2, contribuíram para a menor duração do subperíodo em dias, para as duas cultivares de girassol.

Figura 3: Variação da soma térmica diária (STd, °C dia) no período: emergência ao enchimento dos aquênios de girassol (A e B), para as épocas de semeadura 1 e 2, respectivamente. Capitão Poço, PA, 2013.



O início do florescimento ocorreu aos 45 e 36 dias após a emergência para a cultivar Catissol e aos 39 e 36 dias para a cultivar Embrapa - 122, nas épocas 1 e 2, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Número de dias de observações (Obs), soma térmica acumulada (STa, °C dia) e número final de nós (NFN), e duas cultivares de girassol. Capitão Poço, PA, 2013.

Período	Catissol			Embrapa - 122		
	Obs	STa	NFN	Obs	STa	NFN
Época 1						
EM-V12	12	280,53	12,42 <sup>ns</sup>	12	280,53	12,39 <sup>ns</sup>
EM-BF	23	487,46	21,00 <sup>**</sup>	23	487,46	23,31 <sup>**</sup>
V12-BF	11	206,93	08,58 <sup>**</sup>	11	206,93	10,92 <sup>**</sup>
BF-FI	22	408,41	10,59 <sup>**</sup>	16	294,87	05,33 <sup>**</sup>
V12-FI	33	615,34	19,17 <sup>ns</sup>	27	501,80	16,25 <sup>**</sup>
EM-FI	45	895,87	31,59 <sup>ns</sup>	39	782,33	28,64 <sup>**</sup>
EM-EA	87	1695,80	31,59 <sup>ns</sup>	79	1543,77	28,64 <sup>**</sup>
Época 2						
EM-V12	14	322,56	12,80	20	400,22	13,26
EM-BF	26	548,11	27,17	26	548,11	20,15
V12-BF	12	225,55	14,37	06	147,89	06,89
BF-FI	10	185,47	04,68	10	185,47	03,87
V12-FI	22	411,02	19,05	16	333,36	10,76
EM-FI	36	733,58	31,85	36	733,58	24,02
EM-EA	66	1289,91	31,85	66	1289,91	24,02

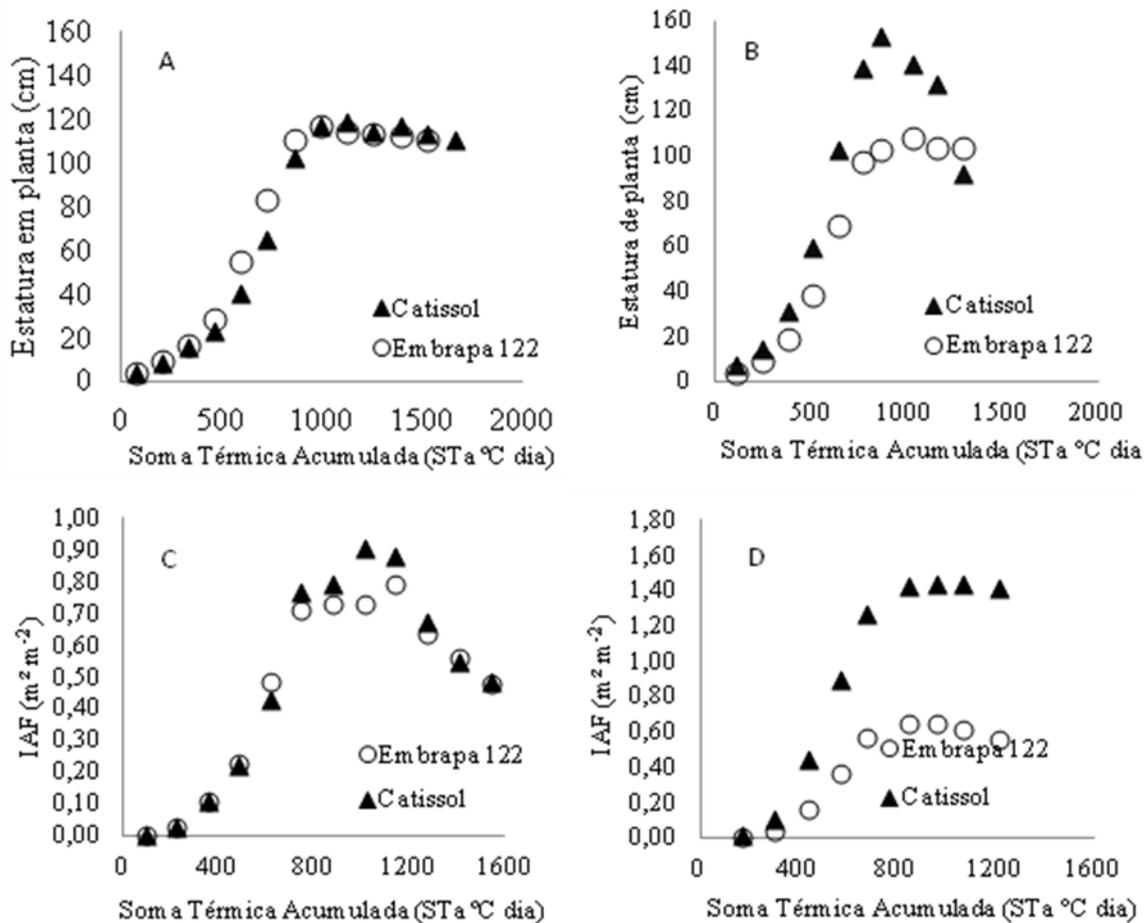
\*\*Diferença significativa entre épocas pelo teste t, em nível de 1% de probabilidade de erro; ns não significativo; EM = emergência; V12 = Fase vegetativa com doze folhas; BF = emissão do broto floral; FI = florescimento inicial; EA= enchimento dos aquênios.

Na época 1 a estatura média das plantas foi similar para as duas cultivares, e os valores máximos foram de 119,21 e 116,83 cm, respectivamente, para as cultivares Catissol e Embrapa - 122 (Figura 4 A); já para a época 2, a cultivar Catissol apresentou estatura máxima de 152,89 cm e a Embrapa - 122 de 107,75 cm (Figura 4 B).

Os valores máximos de índice de área foliar (IAF) médio foram de 0,79 e 0,65 para a Embrapa - 122 e de 0,90 e 1,44 para a Catissol, nas épocas 1 e 2, respectivamente (Figura 4C e 4D ). Observou-se um maior IAF na época 2 para a cultivar Catissol, período esse em que a precipitação pluviométrica reduz significativamente, porém com a irrigação as plantas tiveram um maior desenvolvimento foliar. Além do mais, foi nítido os baixos valores de IAF da cultivar Embrapa - 122, esses resultados são um indicativo que a cultivar tem dificuldade em cobrir completamente a superfície do solo. Segundo Streck *et al.* (2005), as diferentes épocas

de cultivo proporcionaram condições meteorológicas distintas durante o ciclo de desenvolvimento das plantas e a exposição a diferentes condições meteorológicas é fundamental nos estudos de avaliação de parâmetros de crescimento e desenvolvimento vegetal e de uso da soma térmica como medida de tempo biológico em plantas.

Figura 4: Evolução da estatura de plantas (cm) (A) e (B) e índice de área foliar (C) e (D) de girassol, de acordo com a soma térmica acumulada (STa, °C dia) nas épocas 1 e 2, respectivamente. Capitão Poço, PA, 2013.



Distintos valores de plastocrono foram obtidos nos diferentes subperíodos de desenvolvimento das plantas, nas duas épocas de semeadura e para as duas cultivares (Figuras 5, 6, 7 e 8), o que também foi verificado em outras culturas, como na cultura do malmequero-campo, em que o plastocrono variou entre as diferentes épocas de cultivo (FAGUNDES *et al.*, 2008); no crambe, em que diferentes épocas de semeadura e subperíodos de desenvolvimento apresentaram valores diferenciados de plastocrono (TOEBE *et al.*, 2010); e na cultura da soja, em que o fator cultivar e a época de semeadura propiciaram diferentes valores de plastocrono (MARTINS *et al.*, 2011).

Figura 5: Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do plastocrono nos períodos: Emergência-Fase V12 (A e B), Emergência-Broto Floral (C e D) e Fase V12-Broto Floral (E e F), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da cultivar Catissol. Capitão Poço, PA, 2013.

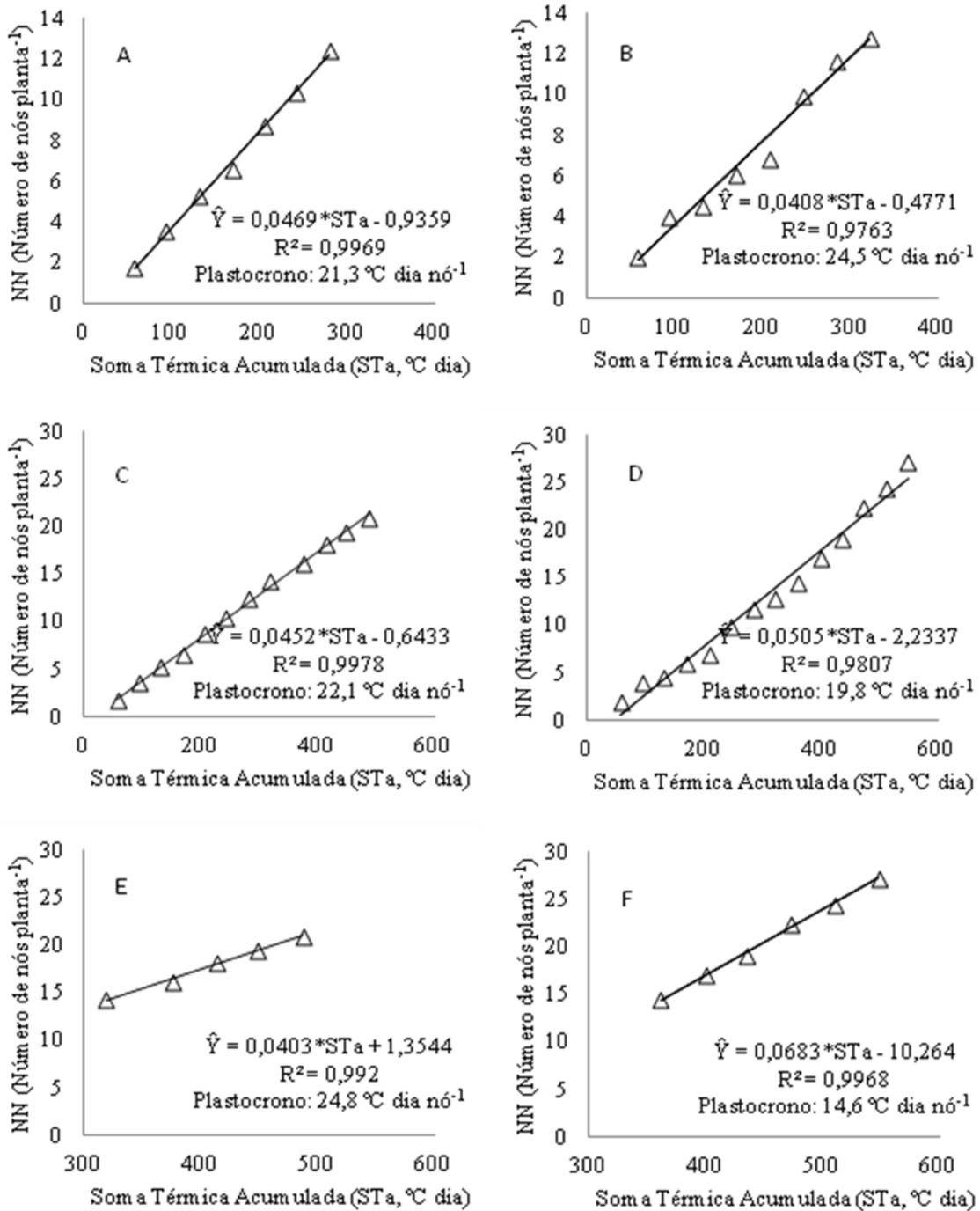


Figura 6: Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do plastocrono nos períodos: Broto Floral- Florescimento Inicial (G e H), Fase V12- Florescimento Inicial (I e J) e Emergência - Florescimento Inicial (L e M), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da Cultivar Catissol. Capitão Poço, PA, 2013.

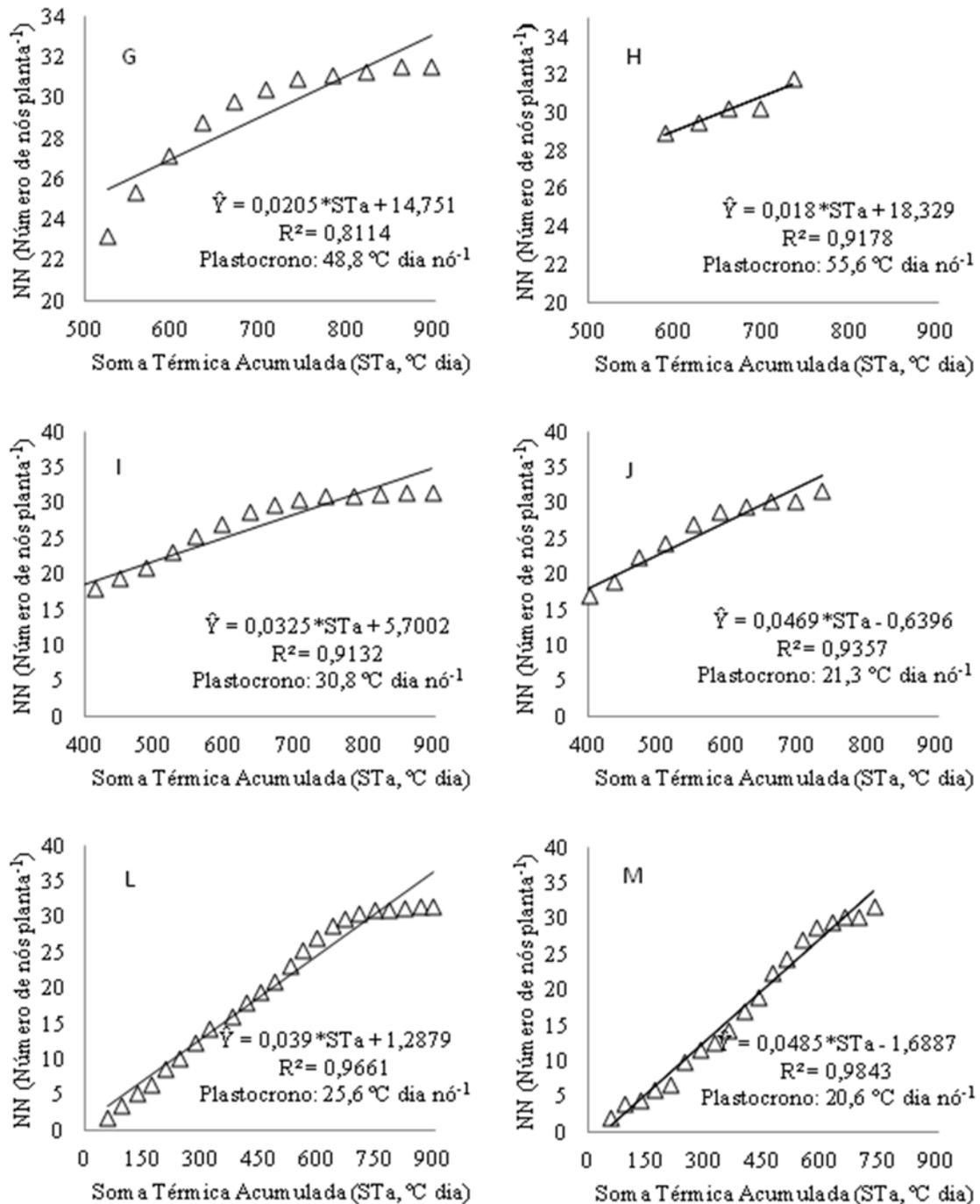


Figura 7: Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do plastocrono nos períodos: Emergência-Fase V12 (A e B), Emergência-Broto Floral (C e D) e Fase V12-Broto Floral (E e F), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da Cultivar Embrapa - 122. Capitão Poço, PA, 2013.

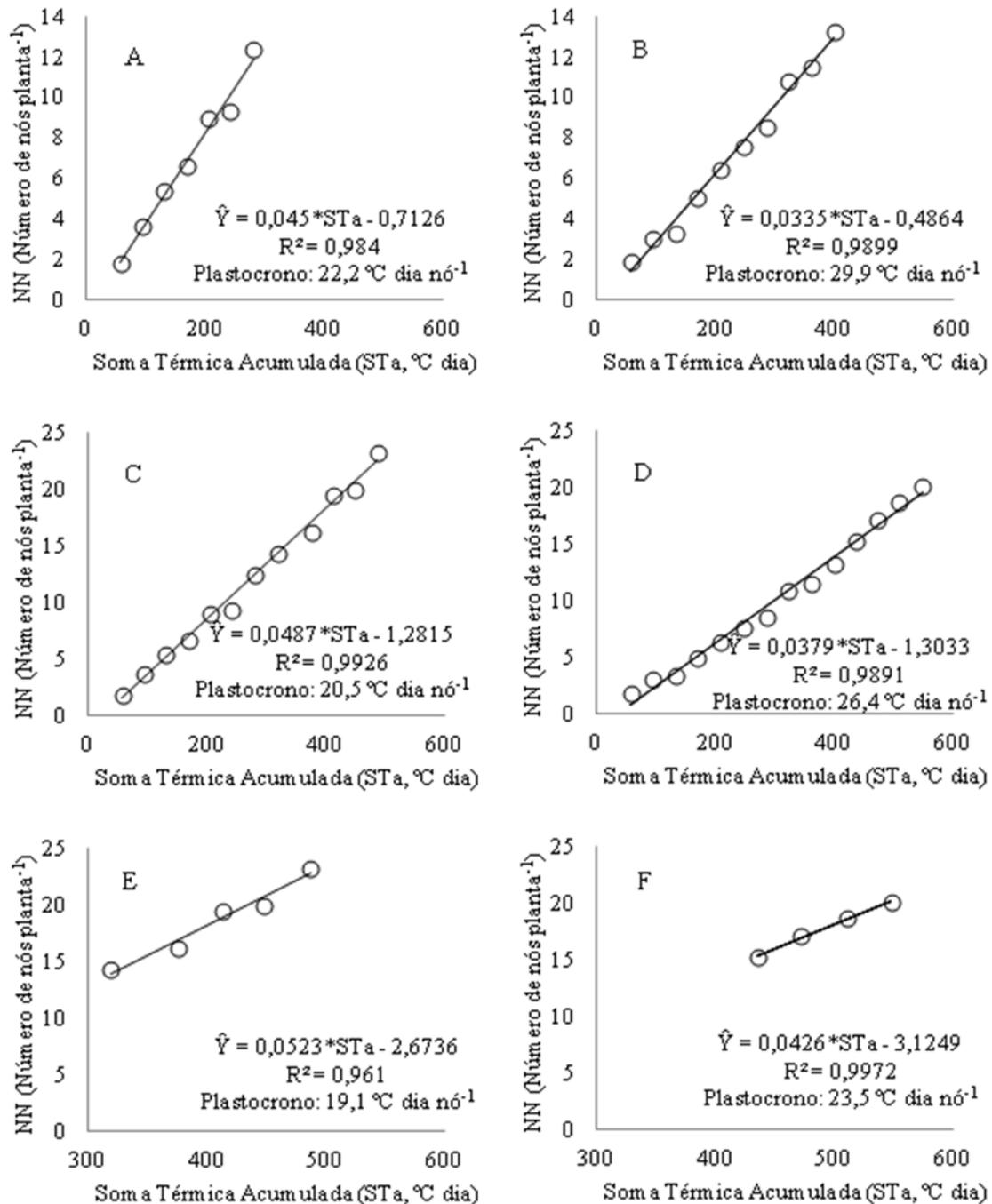
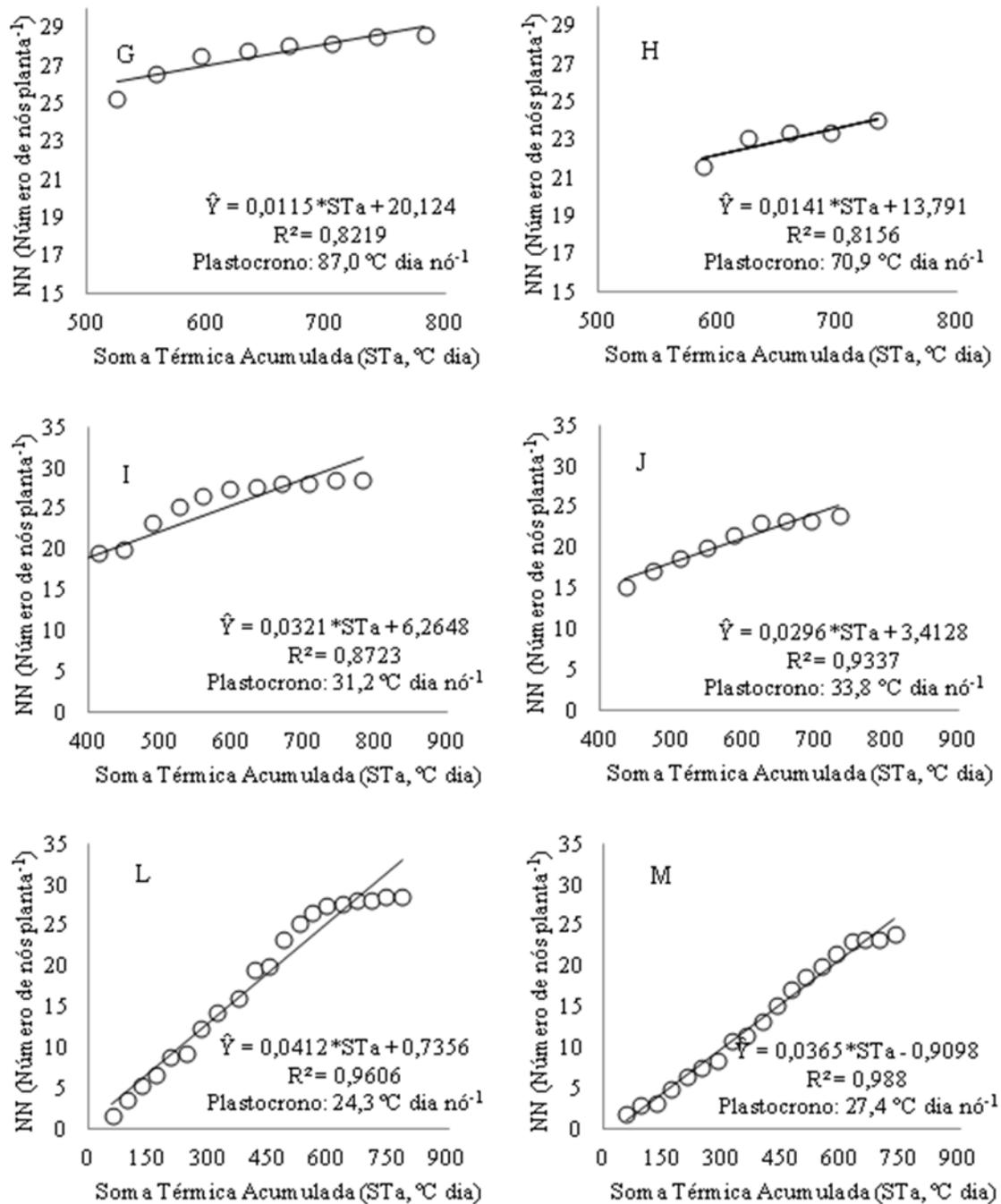


Figura 8: Relação entre número de nós acumulados na haste principal da planta (NN, nós planta<sup>-1</sup>) e soma térmica acumulada (STa, °C dia), utilizada para estimativa do plastocrono nos períodos: Broto Floral- Florescimento Inicial (G e H), Fase V12- Florescimento Inicial (I e J) e Emergência - Florescimento Inicial (L e M), respectivamente, para as épocas 1 e 2 da Cultivar Embrapa - 122. Capitão Poço, PA, 2013.



Na cultura da batata os valores de filocrono não diferiram entre as épocas de cultivo e nem entre clones, no outono; porém, na primavera, um clone apresentou maior valor de filocrono que os demais. A variação do filocrono, na primavera, confirma que a STa necessária ao aparecimento de folhas na cultura da batata tem um componente genético e outro ambiental (BISOGNIN *et al.*, 2008).

Na época 1, no subperíodo EM-FL, foi verificada a demanda de 25,6 e 24,3°C dia.nó<sup>-1</sup> (Figura 6L e 8L) e na época 2 a demanda foi de 20,6 e 27,4°C dia.nó<sup>-1</sup> (Figura 6M e 8M), para as cultivares Catissol e Embrapa - 122, respectivamente. A menor demanda calórica na época 2 para a cultivar Catissol, propiciou as plantas maior estatura e maior IAF, já para a Embrapa - 122, as plantas necessitaram de maior demanda calórica e apresentaram menor estatura e menor IAF.

Na época 2, para ambas as cultivares, houve redução no ciclo das plantas e para a Cultivar Embrapa - 122 houve redução no número final de nós na haste principal (Tabela 1), o que permite inferir que a cultivar e a época de semeadura podem antecipar ou postergar o florescimento da cultura.

A regressão linear entre NN e STa nas duas cultivares, teve altos coeficientes de determinação, com exceção dos modelos matemáticos que consideraram os subperíodos BF-FI e V12-FI, indicando que a emissão de nós de girassol é fortemente dependente da temperatura do ar, como foi relatado para outras espécies como no feijão-de-vagem (HELDWEIN *et al.*, 2010), na melanciaira (LUCAS *et al.*, 2012), no meloeiro (STRECK *et al.*, 2005) e na calêndula (KOEFEENDER *et al.*, 2008). Para fins de cálculo do plastocrono, o período FI-MAT pode ser desconsiderado pela insignificante emissão de nós.

A cultivar Catissol necessitou de maior demanda calórica no período de maior disponibilidade de precipitação pluviométrica, já a cultivar Embrapa - 122 necessitou de mais energia calórica quando a precipitação pluviométrica foi menor e suas necessidades hídricas foram supridas via irrigação.

Quando ocorre deficiência hídrica no solo, a temperatura da folha eleva-se a valores maiores do que em plantas sem deficiência hídrica, devido à redução na transpiração em vista do fechamento estomático (TUNER e BEGG, 1981). Como na época 2 choveu 13,24 % da época 1, é possível que, embora as plantas tenham sido irrigadas e não fosse notado nenhum sintoma aparente nas folhas, o fechamento estomático em nível diário tenha sido por mais tempo, e com isso a temperatura da folha tenha sido maior que a temperatura ótima (27 °C) nessa época. Essa hipótese poderia explicar o retardamento do desenvolvimento (maior plastocrono) na época 2 para a cultivar Embrapa - 122. Para a Catissol, talvez a irrigação

tenha sido suficiente para atender suas necessidades hídricas e, portanto, apresentou menor plastocrono na época 2.

Percebeu-se, que no período, que compreendeu da emergência ao florescimento inicial das plantas, o número final de nós (NFN), para a cultivar Catissol, não apresentou diferença significativa entre as épocas de semeadura, resultado diferente ocorreu para a cultivar Embrapa - 122, que na época 1 (28,64) apresentou mais nós do que na época 2 (24,02). Assim, para a Embrapa - 122, a época que teve menor plastocrono, apresentou maior taxa de aparecimento de nós. Essa relação inversa pode ser interpretada como uma estratégia da planta para garantir área foliar mínima antes de entrar na fase reprodutiva na haste principal. Esta relação inversa entre plastocrono e NFN também caracteriza um sincronismo no desenvolvimento das plantas de girassol em direção à fase reprodutiva, já que um menor NFN antecipa o florescimento da haste (FAGUNDES *et al.*, 2008).

O fato de ter havido diferenças de NFN entre épocas pode ser um indicativo de que o desenvolvimento desta espécie seja afetado pelo fotoperíodo, já que o NFN é um indicador morfológico da resposta fotoperiódica de cultivos agrícolas anuais como o trigo e o arroz (STRECK *et al.*, 2003; STRECK *et al.*, 2006b).

#### 1.4 CONCLUSÃO

As épocas de semeadura, os subperíodos de desenvolvimento vegetativo e as cultivares possuem efeito direto sobre o plastocrono em girassol, com variações de 14,6 a 87,0 °C dia nó<sup>-1</sup>.

#### 1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperature as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Boston, v. 76, n. 1, p. 682-692, 1960.
- BAKER, J. T.; REDDY, V. R. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. **Annals of Botany**, Oxford, v. 87, n. 5, p. 605-613, 2001.
- BISOGNIN, D. A. *et al.* Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 6, p. 699-705, jun. 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Resultado de pesquisa da EMBRAPA Soja - 2001: girassol e trigo**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2002. 21p. (Documento n.199).

FAGUNDES, J. D. *et al.* Temperatura base, plastocrono e número final de nós no malmequero-do-campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2471-2477, dez. 2008.

GILMORE, E. C. J.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10, p. 611-615, 1958.

HELDWEIN, A. B. *et al.* Plastocrono e rendimento de feijão-de-vagem cultivado sob ambiente protegido e no ambiente externo em semeadura tardia no outono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 768-773, abr. 2010.

KLEPPER, B. *et al.* Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.7, n. 5, p.780-792, 1982.

KOEFENDER, J. *et al.* Estimativa do filocrono em calêndula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1246-1250, ago. 2008.

LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641 p.

LUCAS, D. D. P. *et al.* C. Temperatura base para emissão de nós e plastocrono de plantas de Melancia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 288-292, abr-jun. 2012.

MALDANER, I. C. *et al.* Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, ago. 2009.

MARTINS, J. D. *et al.* Plastocrono e número final de nós de cultivares de soja em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 954-959, jun. 2011.

McMASTER, G. S.; SMIKA, D. E. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 1-18, 1988.

PAULA, G. M. D. E.; STRECK, N. A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, dez. 2008.

PEREIRA, L. C.; JÚNIOR, J. H. C.; FERRONATO, A. Comparação de Métodos para Estimativa do Plastocrono em Algodoeiro em Condições Tropicais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 213-220, abr./jun. 2010.

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, n. 4, p. 491-499, abr. 2007.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. Comparação entre métodos de cálculo de unidades térmicas e os dias do calendário na previsão de subperíodos de desenvolvimento do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 901-908, 1986.

SCHWART, G. Manejo sustentável de florestas secundárias: espécies potenciais no Nordeste do Pará, Brasil. **Amazônia: Ciência; Desenvolvimento**, Belém, v. 3, n. 5, p. 125-147, 2007.

SINCLAIR, T. R. *et al.* Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**, v. 92, n. 1, p. 53-59, 2005.

SOUZA, L. H. B. *et al.* Fenologia, área foliar e massa da matéria seca de girassol em diferentes épocas de semeadura e populações de plantas no recôncavo da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 7, n. 13, p. 572 – 585, 2011.

STRECK, N. A. *et al.* Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 533-541, 2006a.

STRECK, N. A. *et al.* Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1086-1093, 2006b.

STRECK, N. A. *et al.* Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 67-73, 2008.

STRECK, N. A. *et al.* Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1275-1280, 2005.

STRECK, N. A. *et al.* Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 115, n. 3-4, p. 139-150, 2003.

STRECK, N. A. *et al.* Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função de época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 323-329, 2007.

TOEBE, M. *et al.* Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 793-799, abr. 2010.

TUNNER, N. C.; BEGG, J. E. Plant-water relations and adaptation to stress. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 58, p. 97-131, 1981.

## PRODUÇÃO DE GIRASSOL EM AMBIENTE PROTEGIDO COM DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA

Raimundo Thiago Lima da Silva<sup>1</sup>; Sebastião Medeiros Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará - CE.

<sup>2</sup>Professor Associado IV da Universidade Federal do Ceará - CE.

**Resumo** – A cultura do girassol apresenta características desejáveis sob o ponto de vista agrônomo aos produtores brasileiros, tais como: ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento em óleo. Por isso, com intuito de avaliar a influência de sete lâminas de água, no desempenho produtivo de duas cultivares de girassol (Catissol e Embrapa - 122), foi realizado o experimento em ambiente protegido, no Campus da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Capitão Poço - PA. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, avaliou-se o efeito das duas cultivares e nas subparcelas, o efeito das lâminas fixas de água (1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm e 7 mm), aplicadas diariamente. A interação cultivar x lâmina de água, exerceu efeito significativo na massa de matéria seca da raiz e no número de aquênios por planta; para as demais variáveis produtivas não houve interação. Os dados de massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca do capítulo e o diâmetro do capítulo, foram influenciados significativamente pelos efeitos isolados das cultivares e das lâminas de irrigação. A massa de 100 aquênios e a produção por planta respondeu apenas à ação isolada das lâminas de água.

**Palavras-chave** - Aquênios. Disponibilidade hídrica. Genótipos. *Helianthus annuus* L.

## 2.1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie vegetal originária das Américas, pertencente à família Compositae, que possui inúmeras aplicações no mundo contemporâneo. É considerada uma das plantas das quais se torna possível explorar quase toda a sua totalidade, podendo ser utilizada na alimentação humana, no raçãoamento animal e na produção de Biodiesel, além de apresentar aptidão ornamental e importantes propriedades medicinais (DICKMANN *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2011).

O fator água é limitante à produção agrícola, sendo necessária ao pleno crescimento e desenvolvimento das culturas. Muitas vezes, a água proveniente de precipitação pluviométrica é suficiente para a obtenção de uma produtividade adequada, todavia, em locais onde a precipitação é deficitária, ou irregular, a necessidade hídrica é complementada por meio de irrigação. Como a necessidade hídrica varia entre as espécies, e ao longo do seu ciclo, conhecer as respostas das espécies é de grande importância para a elaboração de planos de manejo adequados, considerando-se o uso racional dos recursos disponíveis, de maneira a se obter rendimentos econômicos mais altos (MONTEIRO *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2012).

A umidade do solo é um dos fatores limitantes da produtividade agrícola (DARDENGO *et al.*, 2009), e segundo Santos *et al.* (2009), o sucesso da utilização da água para fins de irrigação depende, entre outros requisitos, do conhecimento preciso da demanda hídrica da cultura. Desse modo, a suplementação da necessidade hídrica para cultura do girassol é essencial para o sucesso de sua produção.

A escolha adequada da cultivar com alto rendimento de grãos ou óleo constitui o principal componente do sistema de produção do girassol (PORTO *et al.*, 2007). No entanto, para silagem a produção de massa seca é o componente mais importante, sendo o girassol uma cultura bastante eficiente neste aspecto (MELLO *et al.*, 2004).

Mesmo tolerante ao déficit hídrico quando comparada a outras culturas anuais (TOMICCH *et al.*, 2003), o girassol é sensível à disponibilidade de água no solo (SANTOS *et al.*, 2002), aumentando a produtividade de grãos, óleo ou massa seca em cultivos sob irrigação.

Objetivo-se nesse trabalho, avaliar o efeito de diferentes lâminas de água sobre o comportamento produtivo de duas cultivares de girassol (Catissol e a Embrapa - 122), cultivadas em ambiente protegido, visando definir critérios para o manejo da irrigação.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação do Campus Universitário de Capitão Poço da Universidade Federal Rural da Amazônia - PA, no período de maio a julho de 2013. Para isso, utilizou-se vasos plásticos com 8 L de capacidade, os quais foram preenchidos com 0,770 kg de solo franco-arenoso, destorroado e peneirado, coletado na camada de 0-0,20 m. As características físicas e químicas desse solo, são as seguintes: pH água = 4,5; condutividade elétrica = 0,25 dS m<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 0,70 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,60 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup> = 0,05 cmolc Kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> = 0,09 cmolc Kg<sup>-1</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = 4,46 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,80 cmolc Kg<sup>-1</sup>; S = 1,4 cmolc Kg<sup>-1</sup>; T = 5,9 cmolc Kg<sup>-1</sup>; C = 8,52 g Kg<sup>-1</sup>; N = 0,86 g Kg<sup>-1</sup>; C/N = 10; M. O. = 14,69 g Kg<sup>-1</sup>; V = 24 %; m = 36 %; P assimilável = 8 mg kg<sup>-1</sup>; areia grossa = 575 g Kg<sup>-1</sup>; areia fina = 248 g Kg<sup>-1</sup>; silte = 60 g Kg<sup>-1</sup>; argila = 117 g Kg<sup>-1</sup>; argila natural = 49 g Kg<sup>-1</sup>; grau de flocculação = 59 g 100g<sup>-1</sup>; densidade global = 1,3 g cm<sup>-3</sup>; densidade de partícula = 2,54 g cm<sup>-3</sup>; umidade 0,033 MPa = 17,48 g 100g<sup>-1</sup> e umidade 1,5 MPa = 8,69g 100g<sup>-1</sup>.

A adubação de fundação foi constituída de doses de NPK, nas quantidades de 30, 100 e 40 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e uma adubação de cobertura aos 15 dias após a emergência de 30 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de NK.

Os tratamentos consistiram na combinação de sete lâminas de água (subparcelas): 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm e 7 mm e duas cultivares de girassol (parcelas - Catissol e a Embrapa - 122) dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas e quatro repetições. Cada vaso continha uma planta (unidade experimental) sob bancada de 1 m de altura, espaçado de 0,50 m entre as fileiras de vasos e 0,50 m entre vasos.

As sementes foram postas para germinar e durante o período compreendido entre a semeadura e a germinação das sementes, manteve-se o solo na capacidade de campo. Após a emergência de todas as plantas, efetuou-se o desbaste deixando-se uma planta por vaso e foi iniciada a aplicação das lâminas. A água foi aplicada diariamente e de forma manual com o auxílio de uma proveta, nos níveis predeterminados nos tratamentos.

Durante o ciclo da cultura foram realizadas cinco capinas manuais, com intuito de eliminar as ervas daninhas.

Foram avaliadas as seguintes variáveis durante o experimento: o número de aquênios por capítulo, massa de matéria seca da parte aérea (g), massa de matéria seca da raiz (g),

massa de matéria seca do capítulo (g), diâmetro do capítulo (mm), massa de 100 aquênios e produção de aquênios por planta (g).

Os capítulos foram colhidos à medida que atingiam a maturação fisiológica, em seguida eram efetuadas as medições de diâmetro equatorial dos mesmos com o auxílio de régua graduada (mm), e depois foram secos ao sol e pesados. Na sequência, as sementes foram retiradas dos capítulos, contadas e pesadas.

As plantas foram cortadas rente ao solo, separando a parte aérea do sistema radicular, e então as duas partes foram colocadas separadamente em sacos de papel, identificadas e pesadas para a determinação da massa de matéria seca da parte aérea e a massa de matéria seca da raiz.

A massa do capítulo, da parte aérea e do sistema radicular das plantas foi seca em estufa a 65 °C até peso constante. Todas as pesagens foram efetuadas em balança analítica de precisão de 0,01 g.

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos de natureza qualitativa foram comparadas através do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro e os de natureza quantitativa, foram submetidos ao estudo de regressão, buscando-se ajustar equações com significados biológicos, utilizou-se para isso o software para análises estatísticas SISVAR da Universidade Federal de Lavras, e a partir desse processo, foram obtidos os gráficos por meio do Office Excel.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação cultivar x lâmina de água, exerceu efeito significativo na massa de matéria seca da raiz e no número de aquênios por planta. Para as demais variáveis produtivas, não houve interação. Os resultados de massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca do capítulo e o diâmetro do capítulo foram influenciados significativamente pelos efeitos isolados das cultivares e das lâminas de irrigação. A massa de 100 aquênios e a produção por planta respondeu apenas à ação isolada das lâminas de água (Tabela 1).

Tabela 1: Análise de variância dos dados referentes a massa de matéria seca da parte aérea (MMS-PA), massa de matéria seca do capítulo (MMS-C), massa de matéria seca da raiz (MMS-R), diâmetro do capítulo (D-C), produção de aquênios por planta (PROD), massa de 100 aquênios (M100) e número de aquênios por planta (NA) de girassol em função de duas cultivares e diferentes lâminas de água. Capitão Poço, PA, 2013.

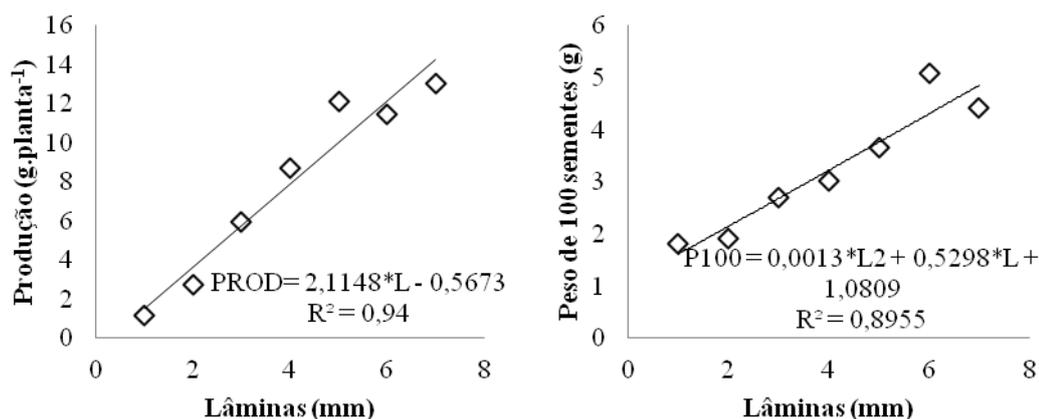
FV	GL	Quadrado médio						
		MMS-PA	MMS-C	MMS-R	D-C	PROD	M100	NA
Cultivar	1	27,68*	7,32*	10,21 <sup>ns</sup>	405,33*	14,89 <sup>ns</sup>	3,46 <sup>ns</sup>	32208,02*
Resíduo - a	6	1,37	1,09	29,4	46,08	8,59	0,96	3112,35
Lâmina	6	241,65*	55,76*	126,34*	2319,30*	177,50*	12,18*	87080,15*
Interação C*L	6	1,58 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	104,66*	94,61 <sup>ns</sup>	8,48 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	20730*
Resíduo - b	36	3,82	2,27	30,4	106,59	8,98	1,42	2114,06
C.V. - a (%)		12,42	22,11	86,55	10,5	37,16	30,29	23,93
C.V. - b (%)		20,77	31,86	88,01	15,96	37,99	36,91	19,72
Média Geral		9,41	4,73	6,26	64,68	7,89	3,23	233,16

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup> Não significativo; C.V.: Coeficiente de Variação e FV – Fonte de Variação.

O aumento das lâminas de água elevou linearmente a massa de 100 aquênios e a produção de aquênios por planta (Figura 1). Para a massa de 100 aquênios a variação foi de 1,52 g para 4,85 g, entre os tratamentos irrigados diariamente com 1mm de água e aqueles que receberam 7mm, evidenciando um aumento de 219% entre as plantas irrigadas com a maior lâmina e as de menor lâmina. Já a produção variou de 1,55 g para 14,24 g, representando um aumento de 819% entre a menor e a maior lâmina de água. Ao considerar que as lâminas de água foram fornecidas desde a emergência das plantas, a irrigação contribuiu positivamente para aumentar a produção e a massa de 100 aquênios de girassol, ressaltando a importância do suprimento de água para a cultura. É possível que a disponibilidade de água no solo,

favorecida pelas maiores lâminas, tenha possibilitado uma absorção maior de nutrientes pelas plantas, elevando a produção e a massa de 100 aquênios.

**Figura 1** - Análise de regressão para estimativa da massa de 100 aquênios (M100) e da produção (PROD), de plantas de girassol, submetidas a diferentes lâminas de água. Capitão Poço, PA, 2013.



Para a M100 resultados semelhantes foram encontrados por Anastasi *et al.* (2010) que observaram, em experimento conduzido sob lâminas de irrigação, diferenças significativas, com valores de M100 iguais a 5,35 e 4,14 g para a maior lâmina e sem irrigação, respectivamente. Fragella *et al.* (2002) também constataram diferenças significativas na M100 entre os tratamentos, irrigado e sem irrigação, iguais, respectivamente, a 4,39 e 3,35 g.

Contrariamente, a massa de 100 sementes não foi influenciada pela irrigação, com valor médio de 6,55 g nos estudos de Gomes *et al.* (2012), e nos resultados de Silva *et al.* (2007) onde a cultivar H250, obteve M100 médio de 4,12 g.

Para Castro e Farias (2005) a diferença de massa entre as sementes normalmente ocorre quando a cultura do girassol é submetida a um déficit hídrico permanente.

Para a variável produção de aquênios por planta, o comportamento linear é curioso, pois, se tratando de um ensaio biológico é corriqueiro alcançar um ponto de máximo, este fato entre outros fatores, pode ser atribuído à grande exigência de água pela cultura e à classificação textural do solo que é franco-arenosa, e dentre suas características, se destaca por possuir baixa capacidade de retenção de água.

Os resultados obtidos de produção de aquênios, são condizentes com os de Nobre *et al.* (2010) que avaliaram a produção do girassol cv. Embrapa - 122 sob irrigação com efluente doméstico e averiguaram que a reposição da necessidade hídrica mediante balanço hídrico

favoreceu a elevação da produtividade, e com os resultados encontrados por Silva *et al.* (2011) em que se observou um aumento relativo na produtividade dos grãos de girassol, em função das lâminas de água aplicadas.

Para explicar a menor produção de aquênios nas plantas submetidas a menor aplicação de água em ambas cultivares, Cechin *et al.* (2010) relatam que, em condições de deficiência hídrica, as plantas se utilizam do mecanismo de fechamento dos estômatos no intuito de restringir a perda de água, reduz a transpiração, diminui a absorção de CO<sub>2</sub>, e consequentemente reduz as taxas fotossintéticas, fatos esses que reduzem a acumulação de fotossintatos e, por conseguinte, a produtividade de aquênios.

Apesar da interação cultivar x lâminas de água não exercer efeitos significativos sobre a massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca do capítulo e o diâmetro do capítulo, estas variáveis responderam à ação isolada da cultivar e dos volumes de água aplicados (Figuras 2, 3 e 4). Pelos resultados, das Figuras 2A, 3A e 4A, percebe-se que o material genético tem forte influência nas variáveis analisadas, sendo que, a cultivar Catissol obteve desempenho superior a cultivar Embrapa - 122, para a MMS-PA, a MMS-C e o D-C. De forma semelhante, para as três variáveis mencionadas anteriormente, o aumento do volume de água aplicado às plantas promoveu incremento linear (Figuras 2B, 3B e 4B). O aumento de 1,87 g, 1,20 g e 41,98 mm para 16,94 g, 8,25 g e 87,37 mm, expressa uma superioridade de 806%, 588% e 108% da maior lâmina (7 mm) fornecida diariamente a cada planta, em relação a menor lâmina (1 mm), para a MMS-PA, a MMS-C e o D-C, respectivamente. Resultados semelhantes obtiveram Gomes *et al.* (2012), em experimento a campo com lâminas de irrigação suplementar na cultura do girassol, observaram que com a maior lâmina de irrigação obtiveram maiores valores de massa seca da planta e diâmetro do capítulo.

Figura 2: Massa de matéria seca da parte aérea (MMS-PA) de girassol, das cultivares Catissol e Embrapa - 122 (A) e em função de lâminas de água (B). Capitão Poço, PA, 2013.

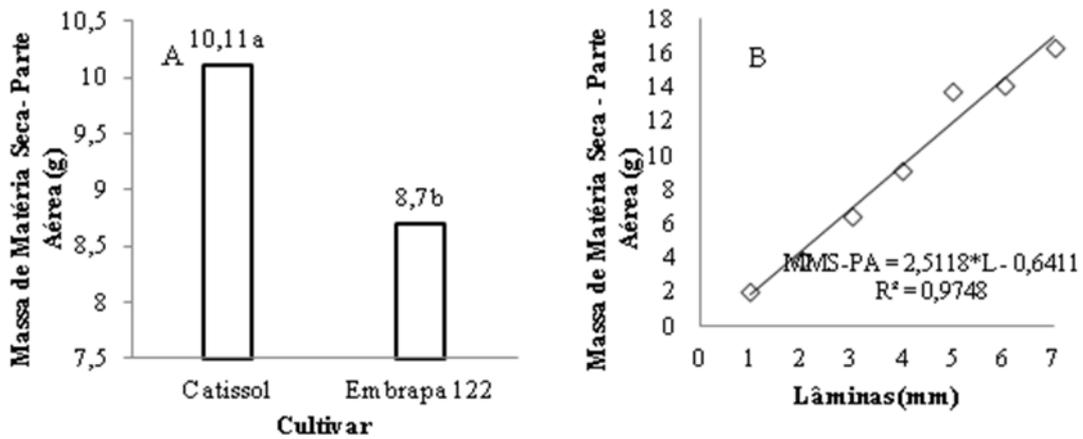


Figura 3: Massa de matéria seca do capítulo (MMS-C) de girassol, das cultivares Catissol e Embrapa - 122 (A) e em função de lâminas de água (B). Capitão Poço, PA, 2013.

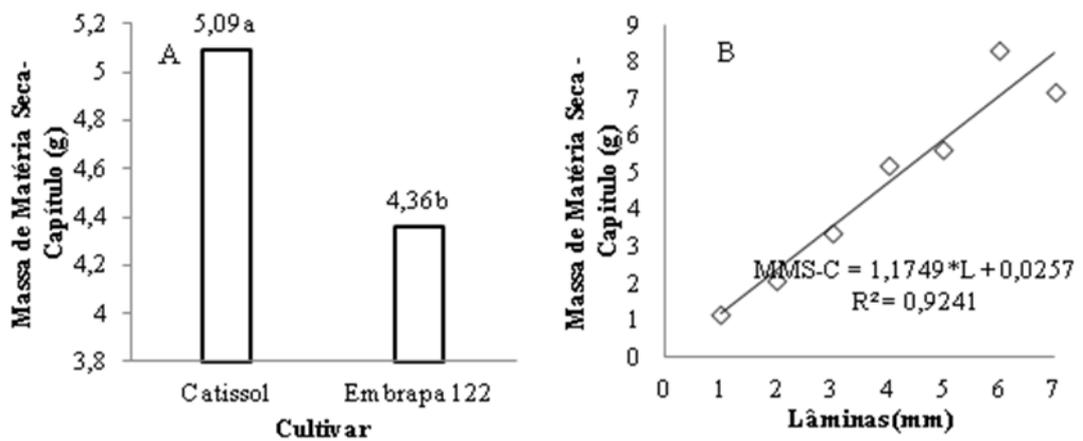
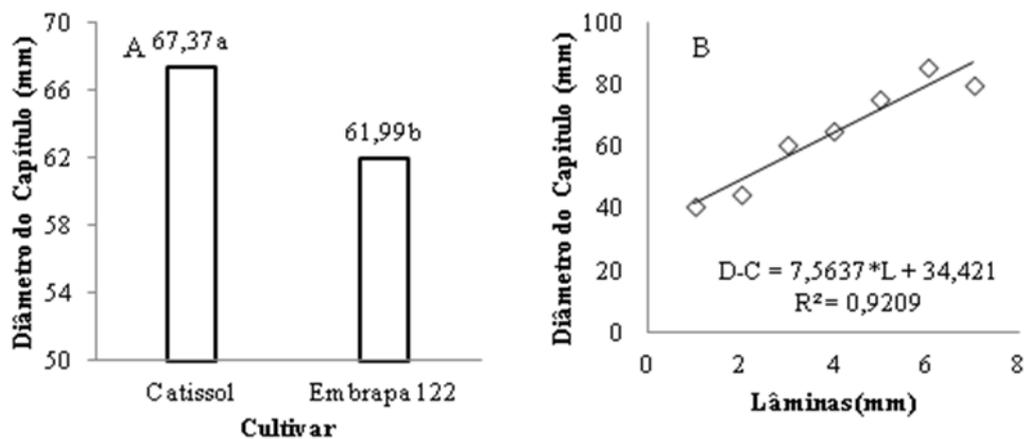


Figura 4: Diâmetro do capítulo (D-C) de girassol, das cultivares Catissol e Embrapa - 122 (A) e em função de lâminas de água (B). Capitão Poço, PA, 2013.



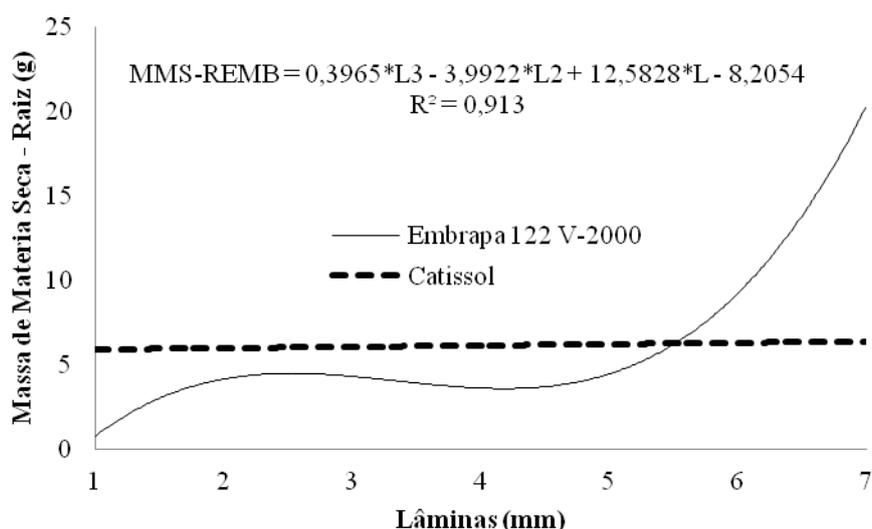
Corroboram com esses resultados, o estudo realizado por Silva *et al.* (2011), em que para a cultura da cenoura, a produção de massa seca da parte aérea apresentou incremento em função do aumento da lâmina d'água aplicada. Resultados semelhantes aos obtidos com a massa de matéria seca da parte aérea, foram também constatados por Junior *et al.* (2013) em que maior produção de matéria seca pelo meloeiro está condicionada as maiores lâminas de irrigação.

Em experimento conduzido à campo, no Perímetro Irrigado do Curu-Pentecoste no Estado do Ceará, em que se estudou a influência de seis lâminas de irrigação no desempenho produtivo de duas cultivares de girassol (Catissol e Embrapa - 122 V-2000), também foi detectado diâmetros de capítulos da cultivar Catissol maiores quando comparada com a cultivar Embrapa – 122 (SILVA *et al.*, 2011). Silva *et al.* (2007) observaram aumento relativo linear no diâmetro dos capítulos em função da lâmina de água aplicada.

Amorin *et al.* (2008) relatam que existem correlação significativa entre a produtividade de aquênios e o diâmetro do capítulo. Para estes autores, tal componente de produção apresenta efeito direto positivo sobre a produtividade de aquênios de girassol.

A análise de regressão para o fator quantitativo das lâminas de água aplicada diariamente, referente à massa de matéria seca da raiz de girassol é visualizada na Figura 5, na qual se verificam efeitos nos tratamentos com as cultivares, Catissol e Embrapa - 122.

Figura 5: Massa de matéria seca da raiz de girassol, em função de lâminas de água, e das cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.



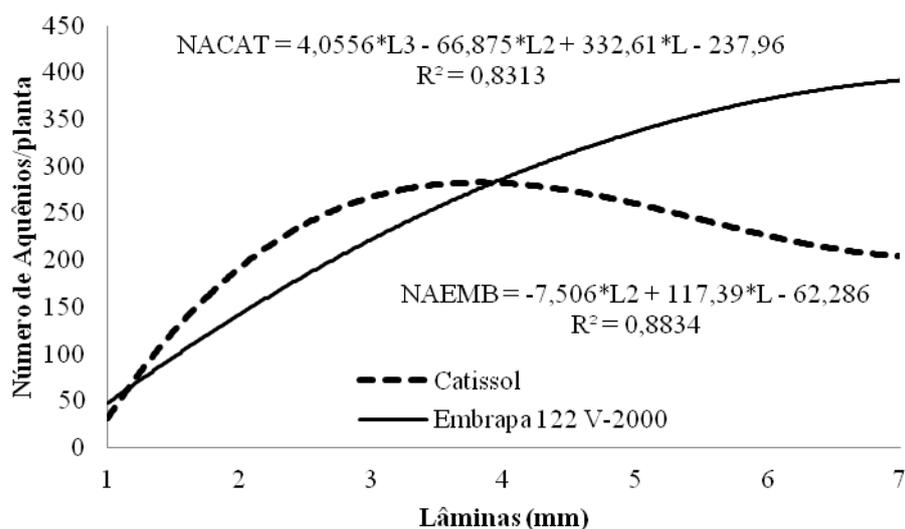
Para a cultivar Catissol o aumento da disponibilidade hídrica não interferiu nos valores de MMS-R, com média de 5,84 g por planta, no entanto para a cultivar Embrapa - 122 a análise de variância encontrou um modelo cúbico que melhor explica os resultados, em que o maior valor de MMS-R foi obtido nos tratamentos com a maior lâmina de água (7 mm), com o valor estimado de 20,26 g.

A produção de matéria seca está intimamente associada à lâmina de água colocada à disposição da planta (MALAVOLTA *et al.*, 1997), o que denota o ocorrido neste experimento com a cultivar Embrapa - 122 visto que, à medida em que se aumentou a reposição da necessidade hídrica, verificou-se acréscimo na MMS-R.

O maior acúmulo de massa seca pode ser um reflexo de uma maior absorção de íons do solo, uma vez que o aumento da umidade do solo no desenvolvimento da cultura do girassol pode ser significativo na absorção de nutrientes pelas plantas (LOUÉ, 1993). Segundo Sionit *et al.* (1973), o rendimento máximo da cultura do girassol é alcançado quando o solo encontra-se em capacidade de campo, evidenciando a importância de se utilizar uma lâmina de irrigação que propicie o desenvolvimento adequado da cultura.

Semelhantemente à MMS-R, a interação cultivar x lâminas de água, exerceu efeito significativo sobre os valores médios de número de aquênios por planta (Figura 6).

Figura 6: Número de aquênios por planta de girassol, em função de lâminas de água, e das cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.



Os valores do NA variaram, conforme a cultivar, para a cultivar Catissol, a análise de variância encontrou o modelo cúbico para explicar os resultados. O maior NA para a Catissol

foi obtida na lâmina estimada de 3,80 mm, correspondentes ao valor máximo estimado de 282,82 aquênios por planta. Para a cultivar Embrapa - 122, o modelo que melhor descreve os resultados foi a regressão quadrática, que estima uma lâmina de 7,82 mm como o ponto de máxima eficiência, produzindo 396,69 aquênios por planta.

Após o ponto de máxima houve decréscimo na produção, provavelmente devido ao excesso de água no solo ter causado redução imediata na troca de gases entre a planta e o ambiente. Este fato pode reduzir o suprimento de oxigênio ao sistema radicular e limitar a respiração e a absorção de nutrientes e outras funções das raízes (ARMSTRONG *et al.*, 1994; PARDOS, 2004).

A redução da disponibilidade de água no solo pode levar a planta ao nível de estresse tal que pode redirecionar os carboidratos da produção de semente para ser gasto na criação de adaptativos morfofisiológicos (sobrevivência) o que leva a redução da produção (BASSEGIO *et al.*, 2012).

## 2.4 CONCLUSÕES

1. A cultivar Catissol obteve valores de massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca do capítulo e o diâmetro do capítulo superior a Embrapa - 122.

2. A massa de 100 aquênios, a produção por planta, a massa de matéria seca da parte aérea, a massa de matéria seca do capítulo e o diâmetro do capítulo responderam de modo linear as lâminas de água.

3. Para as variáveis, massa de matéria seca da raiz e o número de aquênios por planta, a maior quantidade de água propiciou melhores resultados na cultivar Embrapa - 122, já para a Catissol a lâmina de 3,80 mm foi o ponto de máxima eficiência para o NA, e para MMS-R as lâminas de água não propiciam incrementos.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIN, E. P. *et al.* Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 307-316, 2008.

ANASTASI, U. *et al.* Yield performance and grain lipid composition of standard and oleic sunflower as affected by water supply. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 145–153, 2010.

ARMSTRONG, W. *et al.* Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 43, n. 4, p. 307-358, 1994.

BASSEGIO, D. *et al.* Manejo da irrigação através de evaporímetro na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 1, n. 2, p. 110-118, 2012.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. **Ecofisiologia do girassol**. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; Castro, C. (ed.) Girassol no Brasil. Londrina: EMBRAPA, 2005. p. 163-218.

CECHIN, I. *et al.* Respostas diferenciais entre as folhas jovens e adultas de plantas de girassol para o estresse oxidativo causado pelo déficit hídrico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1290-1294, 2010.

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

DICKMANN, L. *et al.* Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 3, p. 64-75, 2005.

FLAGELLA, Z. *et al.* Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in relation to the sowing date and water regime. **European Journal of Agronomy**, v. 17, n. 3, p. 221-230, 2002.

GOMES, E. P. *et al.* Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 237-246, 2012.

JÚNIOR, M. V. *et al.* Lâminas de irrigação e frequência de aplicação no crescimento do meloeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 1, p. 42 - 53, 2013.

LIMA, M. E. *et al.* Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 604-610, 2012.

LOUÉ, A. **Oligoéléments en agricultures**. Antibes: SCPA-NATHAN, 1993. 577 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. 2. ed. Piracicaba: Potafos. 1997. 319 p.

MELLO, R.; NORBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2004.

MONTEIRO, R. O. C. *et al.* Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 455-459, 2006.

NOBRE, R. G. *et al.* Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.

PARDOS, J. A. Respuestas de las plantas al anegamiento del suelo. **Sistemas y Recursos Forestales**, s.n., p.101-107, 2004.

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, n. 4, p. 491-499, 2007.

SANTOS, A. C. *et al.* Variabilidade temporal da precipitação pluvial: nível de nitrogênio e produtividade de cultivares de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 757-764, 2002.

SANTOS, F. X. *et al.* Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímero de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 304-310, 2009.

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. 2011.

SILVA, M. DE L. O. *et al.* Viabilidade Técnica e Econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de lavras, MG. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 1, p. 200-205, jan./fev. 2007.

SILVA, M. L. O. *et al.* Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 05, p. 482-488, 2007.

SILVA, V. J. *et al.* Resposta da cenoura à aplicação de diferentes lâminas de irrigação. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 954-963, nov./dez. 2011.

SIONIT, N.; GHORASHI, S. R.; KHERADNAN, M. Effect of soil water potential on growth and yield of sunflower. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 113-116, 1973.

TOMICH, T. R. *et al.* Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 6, p. 756-762, 2003.

## CULTIVO DE GIRASSOL EM DIFERENTES DOSES DE BORO

Raimundo Thiago Lima da Silva<sup>1</sup>; Sebastião Medeiros Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará - CE.

<sup>2</sup>Professor Associado IV da Universidade Federal do Ceará - CE.

**Resumo** – O consumo no Brasil, especialmente do óleo de girassol, tem crescido muito, impulsionado por sua ótima qualidade nutricional. A cultura ganhou grande importância a partir da comprovação da excelente qualidade do óleo comestível extraído de suas sementes. Além de ser matéria - prima de outros alimentos, medicamentos, cosméticos e corantes, o girassol também é fonte proteica para a produção de silagem. Por isso, foi conduzido um experimento, em casa de vegetação, no Município de Capitão Poço – PA, em que os tratamentos consistiram na combinação de oito doses de boro (subparcelas): testemunha, 10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg, 50 mg, 60 mg e 70 mg.planta<sup>-1</sup> e duas cultivares de girassol (parcelas - Catissol e a Embrapa - 122). Durante o experimento foram avaliados os parâmetros: número de aquênios por capítulo, número de folhas, a massa de 100 aquênios e a produção de aquênios por planta (g). A interação cultivar x doses de boro, não exerceu efeito significativo para nenhuma variável analisada. Os dados de número de folhas por plantas aos 50 e 60 DAE, foram influenciados significativamente pelos efeitos isolados das cultivares e das doses de boro; já a massa de 100 aquênios, a produção e o número de folhas aos 40DAE por planta de girassol, respondeu apenas à ação isolada das doses de boro.

**Palavras-chave** – Aquênios. nutrição mineral. micronutriente. *Helianthus annuus* L.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa que apresenta características agrônomicas importantes, tais como: maior resistência à seca e ao frio do que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil. Apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e pelo fotoperíodo (FEITOSA *et al.*, 2013).

No Brasil, o cultivo de girassol ocupa uma área de aproximadamente 1,7 milhões de hectares, com produção estimada de 3,1 milhões de toneladas para o ano de 2013 (CONAB, 2013).

A ausência de boro tem causado problemas nutricionais na cultura do girassol (SANTOS *et al.*, 2010). Os sintomas da deficiência consistem de manchas foliares no começo da floração e algumas vezes, também antes, na pré-floração. As folhas passam a apresentar manchas necróticas, sendo também afetados os tecidos internos da parte superior do caule, prejudicando o desenvolvimento do capítulo em floração (LIMA *et al.*, 2013).

Nos solos tropicais a carência de boro (B) é notória, e a adsorção de B pelos óxidos de Fe e Al é dependente do pH, sendo a sua disponibilidade maior entre pH 5,0 e 7,0; diminuindo abaixo e acima desta faixa (ABREU *et al.*, 2007).

O boro é considerado um dos micronutrientes que mais limitam o rendimento das culturas no Brasil (MALAVOLTA, 2006).

As plantas requisitam o boro em pequenas quantidades, devido não fazer parte de nenhum composto estrutural da planta, mas da constituição de enzimas ou como seu ativador. Esse micronutriente aniônico desempenha papel importante no florescimento, no crescimento do tubo polínico, nos processos de frutificação, no metabolismo do nitrogênio e nas atividades hormonais. Seu teor na crosta terrestre é de aproximadamente 10 mg kg<sup>-1</sup>, variando entre 3 e 100 mg kg<sup>-1</sup>, apresentando-se combinado como bórax. É encontrado principalmente associado à matéria orgânica, tendendo, portanto, a apresentar maior concentração nos horizontes superficiais do solo (LIMA *et al.*, 2007; DECHEN e NACHTIGALL, 2006; QUEIROGA *et al.*, 2013).

Algumas pesquisas já foram desenvolvidas com a cultura do girassol e aplicação de boro, mas não em regiões amazônicas. Silva *et al.* (2007), trabalhando com lâminas de irrigação e doses de boro (1; 2 e 3 kg ha<sup>-1</sup>) e duas cultivares de girassol, H250 e H251 em Minas Gerais, em Latossolo Vermelho distroférrico, não observaram diferença significativa em nenhum dos componentes de crescimento e de produção para as doses de boro analisadas.

Já Lima *et al.* (2007) em um Neossolo Quartzarênico, de textura franca arenosa em Russas, CE, trabalhando com as doses de B (1; 2; 3; 4 e 5 kg ha<sup>-1</sup>), identificaram que a dose de 4 kg ha<sup>-1</sup> de boro maximiza a massa média de aquênios, a produtividade potencial de aquênios e o potencial de produção de óleo.

Tendo em vista que, o girassol é uma alternativa na rotação de grandes culturas, aliado a sua capacidade de aproveitamento dos resíduos das adubações de cultivos anteriores, e a importância do boro para seu desenvolvimento, além da ausência de estudos sobre boro no nordeste paraense, esse trabalho objetivou, avaliar oito doses de boro, nas características de crescimento e produção de plantas de girassol, de duas cultivares (Catissol e Embrapa - 122), no município de Capitão Poço - PA.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação, do Campus universitário de Capitão Poço da Universidade Federal Rural da Amazônia – PA, no período de maio a julho de 2013. As plantas foram cultivadas em vasos de plástico, com capacidade de oito litros, vazados no fundo e protegidos com tela de náilon para evitar perda de solo. Tais recipientes foram preenchidos com solo destorroado, seco e peneirado, coletado na camada de 0-0,20 m, tendo como características físicas e químicas: pH água = 4,5; condutividade elétrica = 0,25 dS m<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 0,70 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,60 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup> = 0,05 cmolc Kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> = 0,09 cmolc Kg<sup>-1</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = 4,46 cmolc Kg<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,80 cmolc Kg<sup>-1</sup>; S = 1,4 cmolc Kg<sup>-1</sup>; T = 5,9 cmolc Kg<sup>-1</sup>; C = 8,52 g Kg<sup>-1</sup>; N = 0,86 g Kg<sup>-1</sup>; C/N = 10; M. O. = 14,69 g Kg<sup>-1</sup>; V = 24 %; m = 36 %; P assimilável = 8 mg kg<sup>-1</sup>; areia grossa = 575 g Kg<sup>-1</sup>; areia fina = 248 g Kg<sup>-1</sup>; silte = 60 g Kg<sup>-1</sup>; argila = 117 g Kg<sup>-1</sup>; argila natural = 49 g Kg<sup>-1</sup>; grau de flocculação = 59 g 100g<sup>-1</sup>; densidade global = 1,3 g cm<sup>-3</sup>; densidade partícula = 2,54 g cm<sup>-3</sup>; umidade 0,033 MPa = 17,48 g 100g<sup>-1</sup>; umidade 1,5 MPa = 8,69g 100g<sup>-1</sup> e classificação textural = franco arenosa.

Os tratamentos consistiram na combinação de oito doses de boro (subparcelas): testemunha, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70 mg planta<sup>-1</sup> e duas cultivares de girassol (parcelas - Catissol e a Embrapa - 122) dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas e três repetições. Foram utilizadas quatro sementes por vaso, e aos dez dias após a semeadura realizou-se o desbaste, deixando-se somente uma planta (unidade experimental). Os vasos foram dispostos em bancada de 1 m de altura, espaçados de 0,50 m entre as fileiras de vasos e 0,5 m entre vasos.

Foi feita adubação de fundação, constituída de doses de NPK, nas quantidades de 30, 100 e 40 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e uma adubação de cobertura aos 15 dias após a emergência de 30 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de NK, tendo como fonte dos nutrientes, a uréia, o superfosfato triplo e cloreto de potássio. A adubação com boro foi realizada através do fertilizante Quimifol Boro, três dias após a emergência, nas quantidades definidas para cada tratamento.

As sementes semeadas e durante o período compreendido entre a semeadura e a emergência, manteve-se o solo na capacidade de campo. Durante o ciclo da cultura, as plantas receberam quantidade diária de água de 5 mm, dividida em duas aplicações de forma manual com o auxílio de uma proveta.

Durante o ciclo da cultura foram realizadas cinco mondas, com intuito de eliminar as ervas daninhas.

Durante o experimento foram avaliadas as variáveis: número de aquênios por capítulo, número de folhas (do décimo ao sextuagesimo dia após a emergência), em intervalos de dez dias, massa de 100 aquênios e produção de aquênios por planta (g).

Os capítulos foram colhidos à medida que atingiam a maturação fisiológica, em seguida foram secos ao sol. Na sequência, as sementes foram retiradas dos capítulos, contadas e pesadas. As pesagens foram efetuadas em balança analítica de precisão. Em intervalos de dez em dez dias, foram contadas as folhas vivas das plantas. Foram consideradas folhas vivas aquelas com mais de 50% de área verde.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos de natureza qualitativa foram comparadas através do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro e os de natureza quantitativa, foram submetidos ao estudo de regressão, buscando-se ajustar equações com significados biológicos, utilizou-se para isso o software para análises estatísticas SISVAR da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2008), e a partir desse processo, foram obtidos os gráficos por meio do Office Excel.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação cultivar x doses de boro, não exerceu efeito significativo para nenhuma variável analisada. Os dados de número de folhas por plantas aos 50 e 60 dias após a emergência (DAE), foram influenciados significativamente pelos efeitos isolados das cultivares e das doses de boro, já a massa de 100 aquênios, a produção e o número de folhas aos 40 DAE por planta de girassol, respondeu apenas à ação isolada das doses de boro (Tabela 1 e 2).

Tabela 1: Análise de variância dos dados referentes à produção de aquênios por planta (PROD), massa de 100 aquênios (M100) e número de aquênios por planta (NA) de girassol, cultivares Catissol e Embrapa – 122, em função de diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.

FV	GL	Quadrado médio		
		M100	Produção	NA
Cultivar	1	0,910 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	40368,000 <sup>ns</sup>
Resíduo - C	4	0,270	2,097	6842,854
R. Linear	1	2,835*	50,722*	980,194 <sup>ns</sup>
R. Quadrática	1	0,958*	22,210*	9657,243 <sup>ns</sup>
Desvios	5	0,109 <sup>ns</sup>	4,715 <sup>ns</sup>	6943,916 <sup>ns</sup>
Doses de Boro	7	0,620--	13,786--	6479,560--
Interação C*DB	7	0,410 <sup>ns</sup>	3,147 <sup>ns</sup>	3108,524 <sup>ns</sup>
Resíduo - DB	28	0,220	3,720	4119,211
CV - a (%)	-	23,43	18,51	22,95
CV - b (%)	-	21,15	24,65	17,81
Média Geral	-	2,23	7,82	360,46

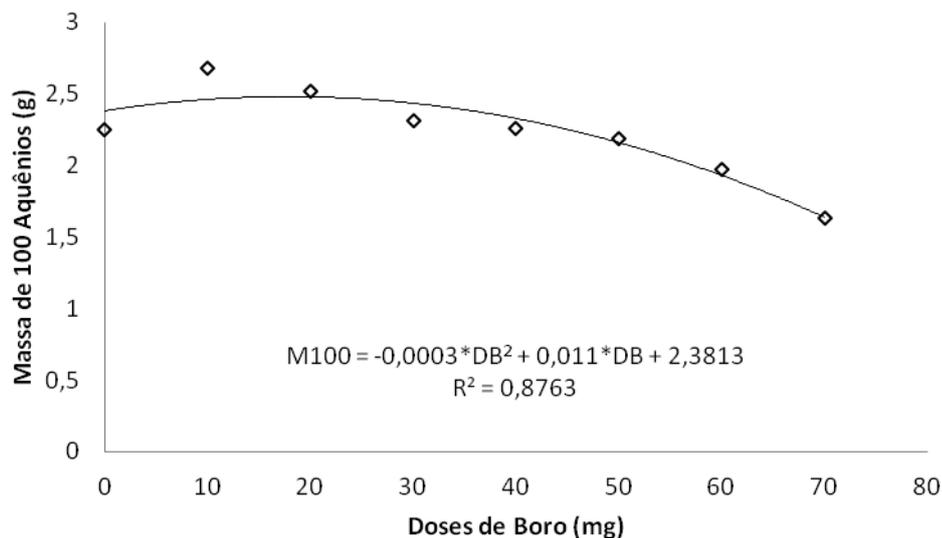
\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup> Não significativo; C.V.: Coeficiente de Variação e FV – Fonte de Variação.

Em uma análise inicial da variável número de aquênios nota-se que os níveis de boro não afetaram significativamente esta variável (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Junior *et al.*, (2011).

Para a massa de 100 aquênios, verificou-se efeito significativo para os níveis de boro, sendo que a adição de doses crescentes desse nutriente proporcionou efeito quadrático no

rendimento dessa característica. O ponto de máxima eficiência foi obtido com a dose estimada de 18,33 mg de B, proporcionando uma massa de 100 aquênios de 2,48g (Figura 1).

**Figura 1** - Análise de regressão para estimativa da massa de 100 aquênios (M100), de plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.

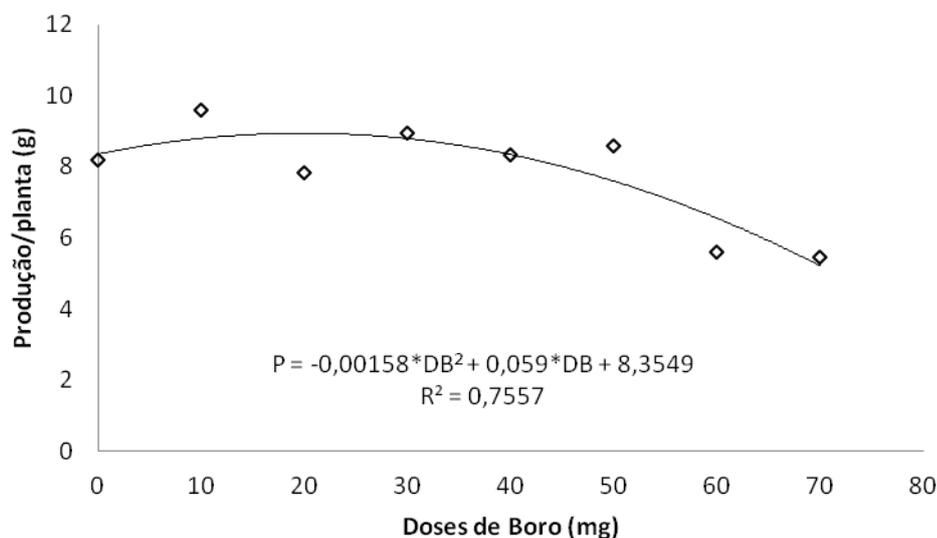


A falta de boro na cultura do girassol ocasiona redução no crescimento e na produção de massa seca, redução no tamanho do capítulo e na massa das sementes, com redução nos conteúdos de açúcares, óleo e amido (BONACIN *et al.*, 2008).

A deficiência de boro é acompanhada pela produção de calose, obstruindo os tubos crivados, com conseqüente efeito adverso no transporte da seiva elaborada (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Sintomas de carência tais como menor germinação do grão de pólen e diminuição no crescimento do tubo polínico, encurtamento dos internódios, frutos e folhas menores e deformadas, entre outros, mostram o importante papel do B na vida das plantas. A deficiência de B ocasiona uma série de sintomas anatômicos incluindo a inibição do crescimento em extensão e crescimento apical, necrose dos brotos terminais, rachamento e quebra de caules e pecíolos, abortamento dos botões florais e queda dos frutos (GOLDBACH, 1997).

Para a produção de aquênios por planta, verificou-se efeito significativo para os níveis de B, sendo que a análise de variância encontrou uma regressão polinomial quadrática no rendimento dessa característica. O ponto de máxima eficiência, foi obtido com a dose estimada de 18,67 mg de B, proporcionando uma produção de 8,91g (Figura 2). Corroboram com esses resultados, os estudos de Marchetti *et al.* (2001) que também encontraram efeito significativo para a fitomassa de aquênios de girassol.

**Figura 2** - Análise de regressão para estimativa da produção/planta de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.



Resultados adversos foram obtidos por Andrade (2000), trabalhando com aplicação de doses de boro (0; 0,75; 1,5 e 2,25 kg ha<sup>-1</sup>), não obtiveram resposta significativa para a produção de aquênios.

Dannel *et al.* (2000) caracterizaram a absorção de B em girassol em estudo mais detalhado, usando isótopos estáveis e várias concentrações de boro. Os resultados indicaram que o baixo fornecimento em plantas estimula absorção do mesmo. Sob suprimentos de boro mais altos, a absorção seguiu uma cinética linear de não saturação, sugerindo que absorção ocorreu através de dois processos, um transporte mediado por um carregador saturável a baixas concentrações, ou seja, V<sub>máx.</sub> e km baixos, indicando alta afinidade pelo transportador, e um processo dirigido por uma difusão, não-saturável, em concentrações mais altas, ou seja, um V<sub>máx.</sub> e km altos.

Evidências sugerem que o B exerce um papel crítico no florescimento e produção de sementes, e que sua deficiência em curto prazo pode resultar em uma diminuição na produção (BROWN e HU, 1996). Desse modo, aumentando-se a absorção e a capacidade de redistribuir o B para a fase reprodutiva, por exemplo, seria uma grande vantagem adaptativa com importantes implicações na agricultura (BASTO e CARVALHO, 2004).

A exigência em boro pelo girassol é alta quando comparado com outras espécies cultivadas, sendo pouco eficiente na absorção deste nutriente do solo, podendo ter perdas de

15 a 40% quando cultivado em solos com baixo teor deste micronutriente (SOUZA *et al.*, 2004).

Doses acima daquelas responsáveis pelas máximas produções podem indicar que o excesso desse nutriente foi prejudicial ao desenvolvimento do girassol, possivelmente em consequência direta do seu efeito antagônico. Aplicações excessivas do adubo podem inibir a absorção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , bem como a diminuição na assimilação do fósforo, chegando, muitas vezes, a causar a deficiência desses nutrientes, implicando, desse modo, em efeitos depressivos sobre a produção das plantas (FORTALEZA *et al.*, 2005).

Percebe-se, na Tabela 2, que a partir dos 40 DAE, as doses crescentes de boro influenciaram o número de folhas por planta, sendo que a ANOVA ajustou modelos polinomiais quadráticos para melhor explicar os resultados, e que desde os 50 DAE o material genético (cultivares) também obtiveram resultados diferenciados quanto ao número de folhas.

Tabela 2: Análise de variância dos dados referentes ao número de folhas de girassol, cultivares Catissol e Embrapa – 122, em função de diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.

FV	GL	Quadrado médio					
		10 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	50 DAE	60 DAE
Cultivar	1	0,333 <sup>ns</sup>	4,083 <sup>ns</sup>	1,021 <sup>ns</sup>	3,521 <sup>ns</sup>	84,005*	100,630*
Resíduo - C	4	0,271	8,917	2,104	2,880	3,599	4,760
R. Linear	1	0,120 <sup>ns</sup>	1,433 <sup>ns</sup>	14,049 <sup>ns</sup>	96,571*	246,530*	98,125*
R. Quadrática	1	0,893 <sup>ns</sup>	1,016 <sup>ns</sup>	0,723 <sup>ns</sup>	26,683*	28,840*	20,145*
Desvios	5	0,314 <sup>ns</sup>	3,160 <sup>ns</sup>	4,441 <sup>ns</sup>	9,695 <sup>ns</sup>	4,325 <sup>ns</sup>	5,903 <sup>ns</sup>
Doses de Boro	7	0,369--	2,607--	5,283--	24,533--	42,428--	21,112--
Interação C*DB	7	0,405 <sup>ns</sup>	2,226 <sup>ns</sup>	6,068 <sup>ns</sup>	1,747 <sup>ns</sup>	2,898 <sup>ns</sup>	1,118 <sup>ns</sup>
Resíduo - DB	28	0,557	1,56	5,604	5,231	4,801	4,278
CV - a (%)		9,12	21,14	8,82	10,20	13,13	17,95
CV - b (%)		13,07	8,84	14,4	13,74	15,17	17,02
Média Geral		5,71	14,13	16,44	16,65	14,45	12,16

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup> Não significativo; C.V.: Coeficiente de variação e FV – Fonte de variação.

É possível identificar na Tabela 3, que a partir dos 50 DAE, a cultivar Catissol foi estatisticamente superior a cultivar Embrapa - 122, quanto ao número de folhas.

Tabela 3: Valores médios de número de folhas de girassol, em função de duas cultivares. Capitão Poço, PA, 2013.

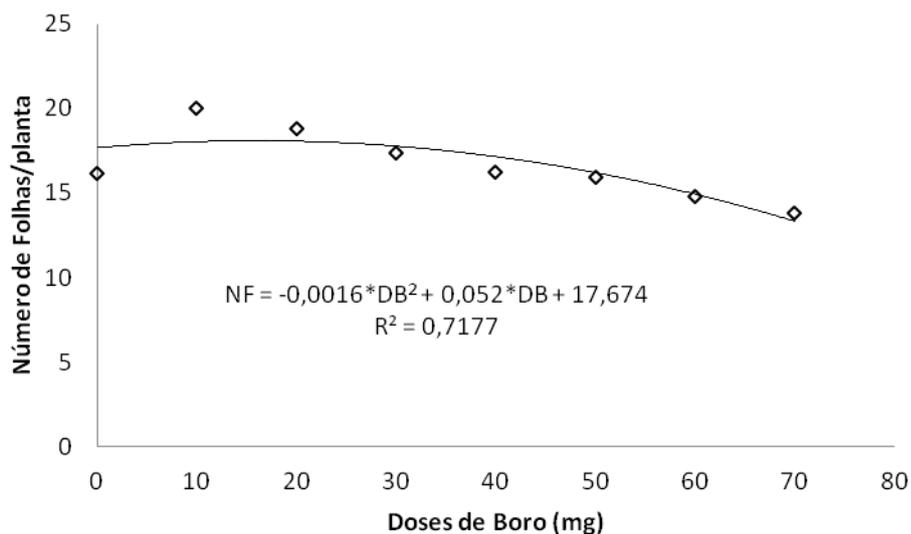
Cultivar	Número de Folhas					
	10 DAE	20 DAE	30 DAE	40 DAE	50 DAE	60 DAE
Embrapa - 122	5,79 a	14,42 a	16,29 a	16,92 a	13,13a	10,71 a
Catissol	5,63 a	13,83 a	16,58 a	16,38 a	15,77b	13,60 b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

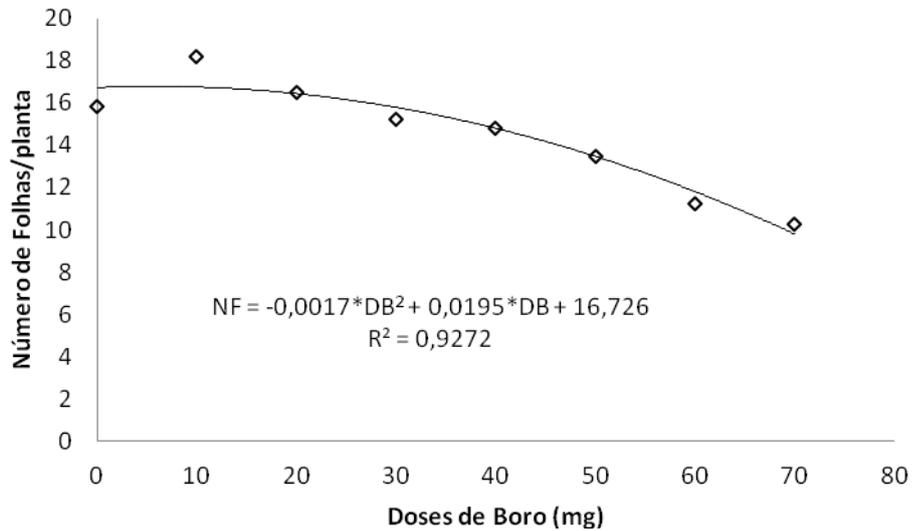
Há consenso de que as respostas dos genótipos a problemas específicos de fertilidade do solo estão sob o controle genético. Portanto, a eficiência na utilização de certos elementos nutricionais está relacionada a especificidades genéticas das plantas, não existindo dúvidas que entre as espécies e genótipos pertencentes à mesma espécie, ocorrem respostas diferentes às várias situações nutricionais (VOSE, 1987; SARIC, 1983).

Aos 40, 50 e 60 DAE, as doses de boro de 16,25, 5,74 e 13,07 mg, foram as que propiciaram a maior quantidade de folhas por planta, respectivamente (Figuras 3, 4 e 5).

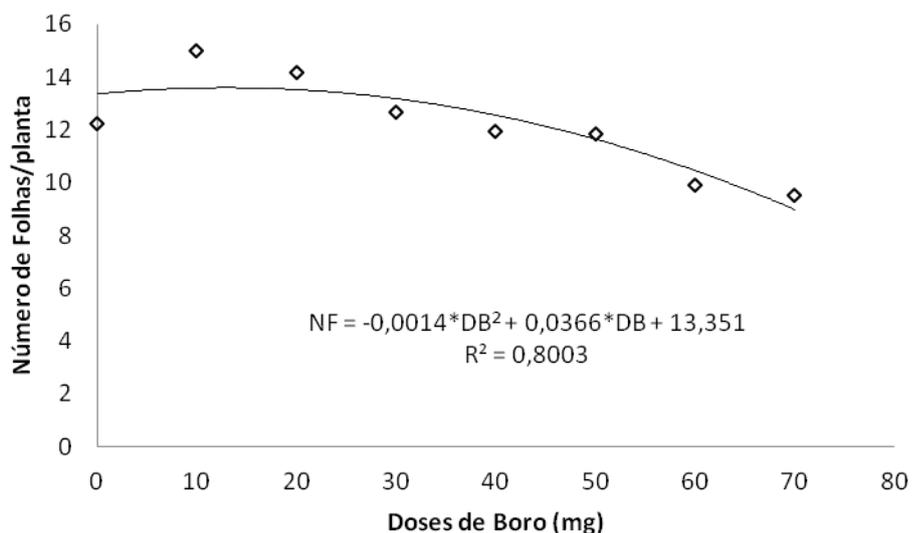
**Figura 3** - Análise de regressão para estimativa do número de folhas aos 40 dias após a emergência das plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.



**Figura 4** - Análise de regressão para estimativa do número de folhas aos 50 dias após a emergência das plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.



**Figura 5** - Análise de regressão para estimativa do número de folhas aos 60 dias após a emergência das plantas de girassol, submetidas a diferentes doses de boro. Capitão Poço, PA, 2013.



O motivo para que desde os 40 DAE, o número de folhas por planta, tenha respondido as doses de boro, é que, nesse período, os carboidratos são mobilizados para a parte reprodutiva, e índices fisiológicos mais elevados poderiam indicar maior eficiência na

fotossíntese e, conseqüentemente, haveria maior atividade fisiológica, resultando em maior produtividade.

A razão do modelo de melhor ajuste, para todas as variáveis, ter sido o polinomial do segundo grau, pode ser explicado devido à absorção insuficiente de um elemento que pode ocorrer tanto por sua ausência no meio, quanto pela sua indisponibilidade (VIANA *et al.*, 2008).

Júnior *et al.* (2008), avaliando em casa de vegetação a cultura do girassol cultivado em vasos, submetendo-as a interação de doses de B (0; 0,5 e 1,0 mg kg<sup>-1</sup>) e zinco (0; 2; 4 e 8 mg.kg<sup>-1</sup>), encontraram significância apenas para as doses de B para o número de folhas, e os maiores valores foram obtidos na dose de 0,5 mg kg<sup>-1</sup>.

Prado e Leal, (2006), em estudos com plantas de girassol cultivadas em vasos, identificou que a omissão de boro na solução nutritiva provocou redução significativa no número de folhas das plantas de girassol, cultivar Catissol.

Oyinlola (2007), trabalhando no norte da Nigéria, com três cultivares de girassol, sob diferentes doses de B (0; 4; 8 e 12 kg ha<sup>-1</sup>) observou que o girassol respondeu a doses ótimas de B, mas na alta dose (12 kg ha<sup>-1</sup> de B) houve uma queda acentuada na área foliar.

### 3.4 CONCLUSÃO

As variáveis, produção, massa de 100 aquênios e número de folhas, são otimizadas por pequenas doses de boro. E a cultivar Catissol apresenta maior quantidade de folhas que a cultivar Embrapa - 122.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p. 724-736, 2007.

ANDRADE, S. G. **Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2000. 94 f. Tese (Doutorado) - FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2000.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. de. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. **Rev. Univ. Rural**, Sér. Ci. Vida. Seropédica, v. 24, n. 2, p. 47-66, jul./dez., 2004.

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, 2008.

BROWN, P. H.; HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitolrich species. **Annals of Botanic**, Oxford, v. 77, n. 5, p. 497-505, 1996.

CONAB. Informativo da safra de girassol. Brasília, 2013, 5 p.

DANNEL, F.; PFEFFER, H. and ROHMELD, V. Characterization of root boron pools, boron uptake and boron translocation in sunflower using the stable isotopes  $^{10}\text{B}$  and  $^{11}\text{B}$ . **Australian Journal Plant Physiology**, v. 27, p. 397-405, 2000.

DECHEN, A.R.; NATHCHIGAL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. 432 p.

FEITOSA, H. O. *et al.* Influência da adubação borácica e potássica no desempenho do girassol, **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 4, n. 3, p. 302-307, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FORTALEZA, J. M. *et al.* Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 124-127, 2005.

GOLDBACH, H. E. A critical review on current hypotheses concerning the role of boron in higher plants: Suggestions for further research and methodological requirements. **Journal Trace Microprobe Technology**, v.15, p.51-91, 1997.

JUNIOR, J. A. S. *et al.* Doses de boro e água residuária na produção do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 857-864, out./dez, 2011.

JÚNIOR, M. A. D.; FRAGA, A. C.; NETO, P. C. Parâmetros de crescimento do Girassol submetido a diferentes doses de boro e zinco em casa de vegetação, **Anais....5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. 2008.

LIMA, A. D. *et al.* Adubação borácica na cultura do girassol. **Revista Agro@ambiente Online**, Boa Vista, v. 7, n. 3, p. 269-276, set./dez., 2013.

LIMA, J. C. P. S. *et al.* Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em Casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 73-79, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARCHETTI, M. E. *et al.* Resposta do girassol (*Helianthus annuus* L.) a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 05, p. 1107-1110, 2001.

OYINLOLA, E.Y. Effect of boron fertilizer on yield on oil content of three Sunflower cultivars in the Nigerian savanna. **Journal of Agronomy**, v. 6, n. 3, p. 421 – 426, 2007.

PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.

QUEIROGA, F. M. *et al.* Produção e qualidade de frutos de melão Harper em função de doses de boro. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v. 9, n. 3, p. 87 - 93, 2013.

SANTOS, L. G. *et al.* Fósforo e boro na produção de grãos e óleo no girassol. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2010.

SARIC, M. R. Theoretical and practical approaches to the specificity of mineral nutrition of plants. In: SARIC, M. R.; LOUGHMAN, B. C., (Ed.). **Genetic aspects of plant nutrition**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1983. p. 1-16. (Developments in plant and soil sciences, 8).

SILVA, M. L. O. E. *et al.* Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2007.

SOUZA, A. *et al.* O boro na cultura de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, n. 1, v. 25, p. 27-34, 2004.

VIANA, T. V. A. Diferentes doses de potássio, na forma de nitrato de potássio, aplicadas via fertirrigação no mamão formosa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 34-38, 2008.

VOSE, P. B. Genetical aspects of mineral nutrition – progress to date. In: GABELMAN, W. H.; LOUGHMAN, B. C. (Ed.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p. 3-13.

## DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA

Raimundo Thiago Lima da Silva<sup>1</sup>; Sebastião Medeiros Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará - CE.

<sup>2</sup>Professor Associado IV da Universidade Federal do Ceará - CE.

**RESUMO** - Considerando as expectativas de expansão da cultura do girassol no Brasil, particularmente na região Norte, a geração de conhecimentos e a difusão de informações técnicas são fundamentais para viabilizar a tecnologia de produção dessa oleaginosa, que pode constituir-se em mais uma alternativa para a diversificação agrícola de diversas regiões. O estudo objetivou avaliar o efeito de diferentes lâminas de água sobre o conteúdo relativo de água e sobre as concentrações de aminoácidos solúveis totais, de proteínas solúveis totais, de amônio livre, de prolina e da atividade da redutase do nitrato, em folhas de girassol. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em que os tratamentos consistiram na combinação de sete lâminas de água (subparcelas): 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mm, e duas cultivares de girassol (parcelas - Catissol e a Embrapa - 122) dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas e cinco repetições, sendo cada unidade experimental composta de uma planta/vaso. As lâminas de água aplicadas influenciaram nas concentrações de aminoácidos, proteína, prolina, conteúdo relativo de água e na atividade da redutase do nitrato, nas folhas de girassol; o material genético em estudo, apresentou resultados diferenciados, para essas variáveis, com exceção da atividade da redutase do nitrato.

**Palavras - chave:** *Helianthus annuus* L. Catissol. Embrapa - 122. oleaginosa.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Por se tratar de uma cultura cujos dividendos gozam de liquidez no mercado, inclusive atingindo elevadas cotações, o girassol (*Helianthus annuus* L.) tem estado em evidência, atraindo cada vez mais produtores e pesquisadores de diversas regiões do Brasil e tornando-se objeto de estudos que visam oportunizar formas de cultivos que potencializem a sua produção (JUNIOR *et al.*, 2011).

Do girassol aproveitam-se todas as suas partes e, dentre os seus usos, estão à produção de forragem, planta melífera, ornamental, produção de óleo para alimentação humana e biocombustíveis (CORRÊA *et al.*, 2008; MORGADO *et al.*, 2002; NEVES *et al.*, 2005; NOBRE *et al.*, 2008; NOBRE *et al.*, 2010).

Entre as várias tecnologias desenvolvidas para a produção de girassol, a escolha adequada de cultivar com alto rendimento de grãos ou óleo constitui o principal componente do sistema de produção da cultura (PORTO *et al.*, 2007).

A água é outro fator a se considerar, quando se pretende cultivar girassol, substância essa, mais abundante na biosfera e a mais importante sob o ponto de vista biológico. Acredita-se que os organismos vivos tenham sua origem em ambiente aquático e tornaram-se dependentes da água durante sua evolução, sendo impossível viver sem a mesma (TAIZ; ZEIGER, 2009). De acordo com Larcher (2000), a disponibilidade hídrica dos solos é fator limitante para o crescimento, desenvolvimento e produção vegetal.

Como as respostas vegetais a umidade do solo são diferenciadas, e ocorrem de maneira específica, qualquer espécie que tenha relevante interesse no meio científico e econômico, como o girassol, deve ser testada a fim de verificar as modificações fisiológicas em situações diferentes de conteúdo hídrico no solo, resultando em informações necessárias para seu cultivo nos mais diferentes locais com as mais variadas condições ambientais.

As proteínas são macromoléculas de estruturas complexas, formadas por polímeros de aminoácidos. Todas as reações fisiológicas em células vivas giram em torno das propriedades químicas e físicas das proteínas, daí, a grande importância desses compostos para a vida vegetal. As proteínas vegetais podem ter função estrutural, nutritiva ou enzimática, participando da estrutura de tecidos, liberando aminoácidos usados como substratos para a respiração e monitoramento de reações químicas. Outras proteínas participam do mecanismo de transporte, de defesa ou como reguladoras de processos fisiológicos (MARCOS FILHO, 2005).

A prolina além do papel de ajustador osmótico, proporciona aos tecidos vegetais osmoticamente estressados as seguintes funções: integridade e proteção da membrana, dissipador ou redutor de energia, fonte de carbono e nitrogênio e eliminador de radicais hidroxil (MENESES *et al.*, 2006).

As principais formas de N utilizadas pelas plantas são a nítrica -  $\text{NO}_3^-$  e a amoniacal -  $\text{NH}_4^+$ . Nos solos, o amônio livre ou liberado de compostos aminados de materiais em decomposição pode sofrer ação de bactérias nitrificantes, sendo transformado em nitrato. Assim, na maioria dos solos, a principal forma de N é a nítrica, seguida da amoniacal. Ambas as formas podem ser absorvidas pelas plantas em taxas e proporções dependentes da espécie, idade e disponibilidade de carboidratos (GALZERANO, 2007).

A Redutase do nitrato é uma enzima cuja síntese e atividades são induzidas pelo substrato. É considerada enzima chave na regulação da disponibilidade de N reduzido para o metabolismo das plantas (REIS *et al.*, 2007).

Com o conhecimento dos mecanismos de ação, em diferentes disponibilidades hídricas no solo, será possível estabelecer estratégias de manejo do solo e da cultura. Além disso, o acervo de conhecimentos básicos gerados servirá para o manejo de outras espécies cultivadas em condições ambientais semelhantes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar o conteúdo relativo de água, as concentrações de aminoácidos solúveis totais, proteínas solúveis totais, amônio livre, prolina e a atividade da redutase do nitrato, em folhas de girassol, em função de diferentes lâminas de água.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de julho a agosto de 2013, em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - campus de Capitão Poço, no município de Capitão Poço, localizada na microrregião do Guamá. As coordenadas geográficas são 01°41'36" latitude Sul e 047°06'39" longitude oeste e altitude de 73 m. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com 8 L de capacidade, os quais foram preenchidos com 0,770 kg de material de solo franco-arenoso, destorroado, seco e peneirado, coletado na camada de 0-0,20 m de um solo, tendo como características físicas e químicas: pH água = 4,5; condutividade elétrica = 0,25 dS  $\text{m}^{-1}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$  = 0,70 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  = 0,60 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ;  $\text{Na}^+$  = 0,05 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ;  $\text{K}^+$  = 0,09 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ;  $\text{H}^+$  +  $\text{Al}^{3+}$  = 4,46 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ;  $\text{Al}^{3+}$  = 0,80 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ; S = 1,4 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ; T = 5,9 cmolc  $\text{Kg}^{-1}$ ; C = 8,52 g  $\text{Kg}^{-1}$ ; N = 0,86 g  $\text{Kg}^{-1}$ ; C/N = 10; M. O. = 14,69 g  $\text{Kg}^{-1}$ ; V = 24 %; m = 36 %; P assimilável = 8 mg  $\text{kg}^{-1}$ ; areia grossa = 575

g Kg<sup>-1</sup>; areia fina = 248 g Kg<sup>-1</sup>; silte = 60 g Kg<sup>-1</sup>; argila = 117 g Kg<sup>-1</sup>; argila natural = 49 g Kg<sup>-1</sup>; grau de floculação = 59 g 100g<sup>-1</sup>; densidade global = 1,3 g cm<sup>-3</sup>; densidade partícula = 2,54 g cm<sup>-3</sup>; umidade 0,033 MPa = 17,48 g 100g<sup>-1</sup>; umidade 1,5 MPa = 8,69g 100g<sup>-1</sup> e classificação textural = franco arenosa.

A adubação de fundação foi constituída de doses de NPK, nas quantidades de 30, 100 e 40 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e uma adubação de cobertura aos 15 dias após a emergência de 30 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de NK.

Os tratamentos consistiram na combinação de sete lâminas de água (subparcelas): 1; 2; 3; 4; 5; 6 e 7 mm e duas cultivares de girassol (parcelas - Catissol e a Embrapa - 122) dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas e cinco repetições. Cada vaso continha uma planta (unidade experimental) sob uma bancada de 1m de altura, espaçado de 0,50 m entre as fileiras de vasos e 0,5 m entre vasos.

As sementes foram postas para germinar e durante o período compreendido entre a semeadura e a germinação das sementes, manteve-se o solo na capacidade de campo. Após a emergência de todas as plantas, efetuou-se o desbaste deixando-se uma planta por vaso e então foi iniciada a aplicação das lâminas. A água foi aplicada diariamente e de forma manual com o auxílio de uma proveta, nos níveis predeterminados nos tratamentos.

Foram determinadas as varáveis bioquímicas durante o experimento: concentração de aminoácidos solúveis totais (AST), concentrações de proteínas solúveis totais (PST), concentração de amônio livre (AL), concentrações de prolina (PRO), conteúdo relativo de água (CRA) e a atividade da redutase do nitrato (ARN) em folhas de girassol.

As amostras de tecido foliar foram coletadas quando as plantas atingiram o início do florescimento. As plantas após serem coletadas, foram levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal e secadas em uma estufa de circulação forçada a 65 °C por 24 horas. Através deste processo foi determinada a massa seca, em balança analítica de precisão.

Foram feitas coletas destrutivas as 5:00 horas da manhã. Em seguida, foi efetuada a pesagem para a determinação de massa fresca. As amostras das plantas foram reservadas para a determinação da massa seca em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C +/- 5° C. Imediatamente após a coleta, o material seco foi levado para um moinho para preparo de pó fino, armazenados em frascos hermeticamente fechados e colocados em um dessecador até o momento das análises.

Determinou-se as concentrações de aminoácidos solúveis totais, pesando 50 mg de folhas, e colocados em tubos de ensaio com 5 mL de água deionizada, fechados hermeticamente e incubados em banho-maria a 100 °C, durante 30 minutos. Em seguida, os

tubos foram centrifugados a 6.000 xg, por 10 minutos. Após a extração, o sobrenadante foi coletado e desenvolvido a reação para dosagem dos aminoácidos. Alíquotas de 0,1 mL do extrato foram colocadas em tubos de ensaio e acrescidas de 0,4 mL de água mille-Q. Em seguida, 0,250 mL de uma solução tamponada, pH 5,0, contendo 0,2 mol L<sup>-1</sup> de citrato; 0,250 mL do reagente de ninhidrina (KCN 0,1 mmol L<sup>-1</sup> e ninhidrina 5% em methoxy etanol) foi adicionado. Após misturar bem em vortex os tubos foram hermeticamente fechados e colocados em banho-maria, onde permaneceram pelo tempo de 15 minutos à temperatura de 100 °C. Em seguida, a reação foi interrompida em banho de gelo, momento em que foi adicionado 1,5 mL de solução de etanol 50% (v v<sup>-1</sup>). Após os tubos permanecerem por 20 minutos em temperatura ambiente, e leituras foram feitas em espectrofotômetro, a 570 nm, sendo os teores de aminoácidos livres totais, determinado com base em uma curva padrão ajustada a partir de concentrações crescentes de uma mistura padronizada de L – glutamina. A concentração de aminoácidos livres totais foi determinada segundo método descrito por (PEOPLES *et al.*, 1989).

As concentrações de proteínas solúveis totais foram obtidas colocando em tubos de ensaio de 15 mL, 100 mg de pó da matéria seca (MS) das folhas, em 5,0 mL do tampão de extração (Tris-HCl 25 mM pH 7,6). Em seguida, os tubos ficaram sobre o processo de agitação durante 2 horas no “shacker” com os tubos devidamente lacrados. Após a extração, os tubos foram centrifugados em centrífuga de bancada (2000 rpm por 10 minutos). Foram colocados nos tubos de ensaios 100 µL do sobrenadante após a centrifugação + 2,5 mL do reagente de Bradford. Após este processo os tubos manualmente foram agitados delicadamente (para não desnaturar as proteínas). Com 15 minutos de repouso, as leituras foram realizadas no espectrofotômetro a 595 nm, contra o branco que encerra 100 µL de água + 2,5 mL do reagente de Bradford. As concentrações de proteínas solúveis totais foi estimada a partir da curva-padrão construída com soro albumina bovina p.a (Sigma). Os resultados foram expressos em mg proteína/ g MS. As concentrações de proteínas solúveis totais foram determinadas segundo o método de (BRADFORD, 1976).

Para a determinação das concentrações de amônio livre, foram pesados 50 mg de massa seca (MS) das folhas em pó e colocados em tubos de ensaio de 15 mL, adicionando-se 5 mL de água destilada e levados ao banho-maria por 30 minutos a 100 °C. Após a extração, as amostras foram centrifugadas em centrífuga de bancada (1000 rpm) e os sobrenadantes coletados para obtenção do extrato total. Nos tubos de ensaio foram acrescentados 400 µL de extrato total + 2,5 mL da solução A (5 g de fenol + 0,025 g de nitroprussiato de sódio/ 500

mL de água destilada) e homogeneizado em vortex, acrescentando mais 2,5 mL da solução B (2,5 g de NaOH + 12,6 mL de hipoclorito de sódio.500 mL<sup>-1</sup> de água destilada) e foi agitado novamente em vortex, levando-os ao banho-maria por 20 minutos a 37 °C. Os tubos foram removidos do banho-maria e deixados em repouso por 40 minutos e levados para fazer a leitura no espectrofotômetro a 625 nm e usando-se água destilada (em substituição ao extrato) + reagentes como branco. As concentrações de amônio livre foram estimadas a partir da curva-padrão construída com (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> p.a (Sigma). Os resultados foram expressos em mmol de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.Kg<sup>-1</sup> de MS. e o método utilizado foi o descrito por (WEATHERBURN, 1967).

As concentrações de prolina foram obtidas, pesando 50 mg massa seca das folhas (MS) em pó e, em seguida, levados para tubos de ensaio de 15 mL e adicionados 5 mL de água destilada e colocados em banho-maria durante 30 minutos a 100 °C. Após a extração, as amostras foram centrifugadas durante 20 minutos em centrífuga de bancada (1.000 rpm), logo após o processo de centrifugação, foi retirado 1 mL do sobrenadante coletado de cada amostra e transferido imediatamente para os tubos de ensaios, no qual foram adicionados + 1,0 mL de ninhidrina ácida + 1,0 mL de ácido acético glacial (99,5%) (os tubos foram fechados hermeticamente) e agitados em vortex e colocados novamente em banho-maria a 100 °C por 1 hora. Após 1 hora, a reação foi interrompida com banho de gelo e adicionando 2,0 mL de tolueno e agitado vigorosamente em vortex por 20 s (o tolueno extraiu a substância cromófora formando um complexo colorido = róseo para vermelho). Assim que foi atingindo a temperatura ambiente, foi feito o processo de aspiração com o auxílio de uma pipeta de Pasteur de plástico a fase não-aquosa (cromóforo + tolueno = parte superior). A leitura foi feita em espectrofotômetro a 520 nm usando tolueno como branco. As concentrações de prolina foram determinadas a partir da curva-padrão com L-prolina p.a (Sigma) e os resultados foram expressos em µmol prolina g<sup>-1</sup> MS. Foi utilizado o método descrito por (BATES; WALDREN; TEARE, 1973).

O conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas foi determinado, retirando-se trinta discos foliares (10 mm de diâmetro) de cada planta, ao acaso, determinando imediatamente a massa dos mesmos (MF<sub>1</sub>) em balança analítica, em seguida, transferiu-se os discos para uma placa de petri, contendo 35 ml de água destilada, onde ficaram em repouso na bancada por seis horas. Na sequência, colocou-se os discos sobre folhas de papel filtro para retirar o excesso de água durante um minuto, e então efetuou-se a massa túrgida (MF<sub>2</sub>). Por fim, os discos foram colocados em sacos de papel e levados para a estufa (75 °C) por 48 horas, para a determinação da massa seca dos discos (MS). Calculou-se o CRA, usando a equação 1:

$$CRA = \left( \frac{MF_1 - MS}{MF_2 - MS} \right) * 100 \quad (1)$$

E para a determinação da atividade da redutase do nitrato, foram pesados, aproximadamente, 200 mg de discos de folhas de 0,5 cm de diâmetro. As amostras foram colocadas em tubos de ensaio, contendo 5 mL do tampão fosfato 0,1 M, pH=7,5; contendo isopropanol 1% (v.v<sup>-1</sup>), KNO<sub>3</sub> mM) e estes cobertos com papel alumínio (tratamento escuro). Em seguida, os tubos foram evacuados com o auxílio de uma bomba de vácuo, durante 2 minutos. Após, os tubos foram colocados em banho-maria a 30 °C, por 30 minutos, na ausência de luz. Em tubos de ensaio tipo pirex, foram adicionados alíquotas de 1 mL de tampão fosfato + 2 mL do extrato diluído + 1,0 mL de sulfanilamida 1% + 1,0 mL de N-1-naftiletilenodiamina dicloridrato (NNEDA) 0,02%, totalizando um volume final de 5 mL. Em seguida, os tubos foram deixados em repouso por 15 minutos. A leitura foi realizada no espectrofotômetro à 540 nm contra o branco (3,0mL de tampão fosfato + 1,0 mL de sulfanilamida 1% + 1,0 mL de NNEDA, 0,02 %). O resultado da atividade da redutase do nitrato foi estimada através da produção de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> no meio de reação, sendo expressa em µmoles de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> g.MF<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, a partir de uma curva-padrão obtida com KNO<sub>2</sub> p.a (Sigma). O método empregado foi o método *in vivo* preconizado por (HAGEMAN; HUCKLESBY, 1971).

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos de natureza qualitativa foram comparadas através do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro e os de natureza quantitativa, foram submetidos ao estudo de regressão. Utilizou-se para isso o software para análises estatísticas SISVAR, e a partir desse processo, foram obtidos os gráficos por meio do Office Excel.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação cultivar x lâmina de água exerceu efeito significativo na concentração de proteínas solúveis totais, na concentração de prolina e no conteúdo relativo de água, para as demais variáveis avaliadas não houve interação. Os dados da concentração de aminoácidos solúveis totais foram influenciados significativamente pelos efeitos isolados das cultivares e das lâminas de irrigação. Os valores da atividade da redutase do nitrato, responderam apenas à ação isolada das lâminas de água. E para a concentração de amônio livre, nenhum dos fatores (cultivar e lâmina de água) afetaram significativamente esta variável (Tabela 1).

Tabela 1: Análise de variância dos dados referentes a concentração de aminoácidos solúveis totais (AST), a concentrações de proteínas solúveis totais (PST), a concentração de amônio livre (AL), a concentrações de prolina (PRO), o conteúdo relativo de água (CRA) e a atividade da redutase do nitrato (ARN) em folhas de girassol, cultivares Catissol e Embrapa – 122, em função de diferentes lâminas de água. Capitão Poço, PA, 2013.

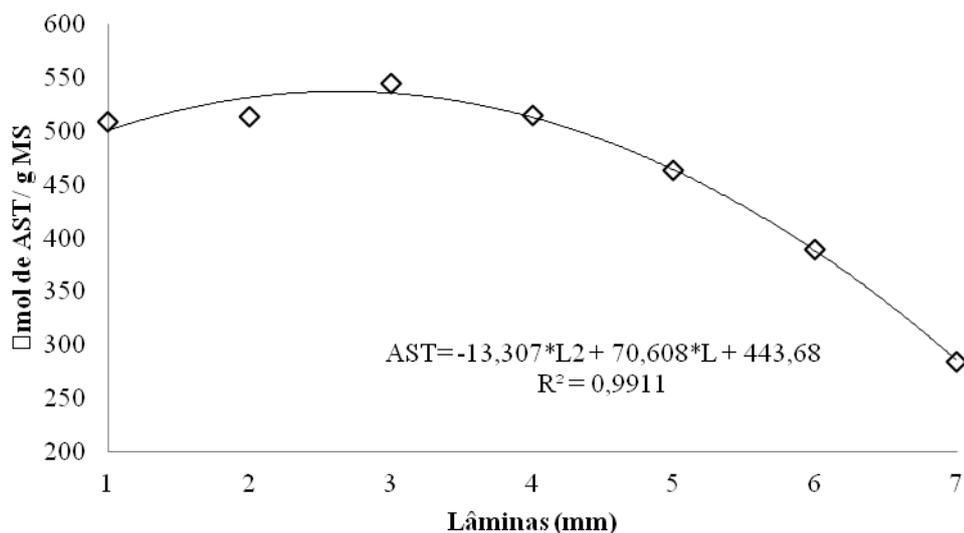
FV	GL	Quadrado médio					
		AST	PST	AL	PRO	CRA	ARN
Cultivar	1	226467,720*	4,042*	0,019 <sup>ns</sup>	1,810 <sup>ns</sup>	1507,350*	0,014 <sup>ns</sup>
Resíduo – C	8	21513,362	0,029	0,230	4,254	188,999	0,007
R. Linear	1	359760,493*	1,790*	0,003 <sup>ns</sup>	110,995*	80,915 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>
R. Quadrática	1	148735,001*	0,120*	0,145 <sup>ns</sup>	964,909*	675,872*	0,033*
Desvios	4	1145,249 <sup>ns</sup>	0,057*	0,294 <sup>ns</sup>	1,718 <sup>ns</sup>	20,206 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Lâminas	6	85512,748--	0,356--	0,221--	186,011--	139,602--	0,009--
Interação C*L	6	51414,409 <sup>ns</sup>	0,064*	0,104 <sup>ns</sup>	69,507*	166,001*	0,004 <sup>ns</sup>
Resíduo – L	48	29932,504	0,008	0,259	5,845	63,821	0,007
CV - a (%)		31,890	21,560	27,750	23,940	21,340	31,240
CV - b (%)		37,610	11,570	29,470	28,060	12,400	33,310
Média Geral		459,980	0,796	1,726	8,615	64,410	0,258

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup> Não significativo; C.V.: Coeficiente de Variação e FV – Fonte de Variação.

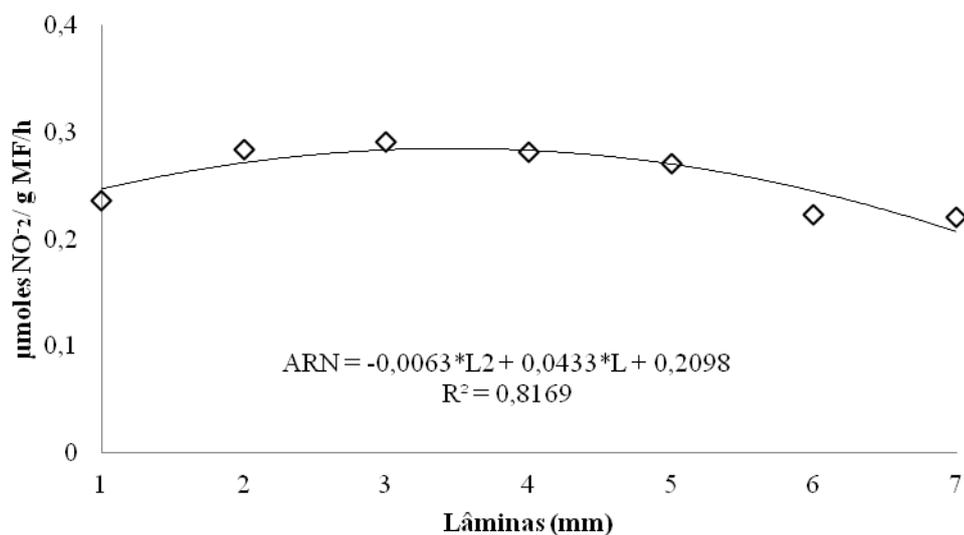
A resposta do emprego de diferentes lâminas de água, sobre a concentração de aminoácidos solúveis totais em folhas de girassol, foi de natureza quadrática (Figura 1), com a concentração AST máxima estimada de 537,34  $\mu\text{mol}$  de AST  $\text{g}^{-1}$  MS, obtida com a lâmina de 2,65 mm. Igualmente, o efeito de lâminas de água sobre a atividade da redutase do nitrato, foi

de natureza quadrática (Figura 2), com a ARN máxima estimada de 0,28  $\mu\text{moles NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ , obtida com a lâmina de 3,44 mm.

**Figura 1:** Análise de regressão para estimativa da concentração de aminoácido solúvel total em folhas de plantas de girassol, submetidas a diferentes lâminas de água, Capitão Poço - PA, 2013.



**Figura 2:** Análise de regressão para estimativa da atividade da redutase do nitrato em folhas de plantas de girassol, submetidas a diferentes lâminas de água, Capitão Poço - PA, 2013.



Nas plantas que receberam diariamente mais de 2,65 mm de água, houve uma redução nos teores de aminoácidos, isto pode ser atribuído ao aumento da síntese de proteínas, como a

Rubisco nas folhas, além da baixa atividade da enzima glutamina sintetase, enzima chave ou conhecida como porta de entrada para formação de todos os aminoácidos nas folhas. Já, quanto a lâminas menores que 2,65 mm, também pode ter diminuído a absorção de nitrogênio que irá diminuir a formação de aminoácido.

A atividade da enzima redutase do nitrato na folha, foram 0,25, 0,28 e 0,20  $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{MF}^{-1} \text{h}^{-1}$  nos tratamentos 1mm, 3,44 mm e 7 mm, respectivamente (Figura 2). Desta forma, é possível inferir que ocorreu redução significativa nas folhas para as menores e para as maiores lâminas aplicadas, desta variável. A atividade da redutase do nitrato teve influência da disponibilidade de água no solo, pois a água será utilizada como substrato para esta enzima. Outro fato importante ligado a esta enzima, é que é a primeira enzima do metabolismo do nitrogênio, e que pode ser altamente informativa quando se é investigado o efeito da seca sobre as plantas.

A concentração de aminoácidos solúveis totais, em tecido foliar de plantas de girassol foi estatisticamente maior na cultivar Catissol, quando comparada com a cultivar Embrapa - 122. Todavia, o material de genético não apresentou resultados diferenciados para a concentração de amônio livre e para a atividade da redutase do nitrato (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios da concentração de aminoácidos solúveis totais (AST), da concentração de amônio livre (AL) e da atividade da redutase do nitrato (ARN) em folhas de girassol, cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço, PA, 2013.

Cultivar	Variáveis Bioquímicas		
	AST	AL	ARN
Embrapa - 122	403,10 a	1,71 a	0,27 a
Catissol	516,86 b	1,74 a	0,24 a

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Vários experimentos, já foram conduzidos, usando genótipos para testar a hipótese de se utilizar a atividade da redutase do nitrato como ferramenta auxiliar no desenvolvimento de genótipos mais produtivos, mais responsivos à adubação nitrogenada ou mais eficiente no uso desse nutriente (REIS, 2007).

As interações para proteínas solúveis totais e prolina, dentro das cultivares, mostraram efeito da lâmina de água, tanto para a cultivar Catissol, quanto para a cultivar Embrapa - 122. A análise de variância ajustou para as duas variáveis funções quadráticas (Figuras 3 e 4) sendo que, quanto maior a lâmina de água, maior foi a concentração de proteínas no tecido

foliar, nas duas cultivares. Já para a concentração de prolina com as lâminas de 4,67 e 4,02 mm, obteve-se as menores concentrações desse aminoácido, para a Embrapa - 122 e a Catissol, respectivamente.

Figura 3: Concentração de proteínas solúveis totais em folhas de plantas de girassol, em função de diferentes lâminas de água. Cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.

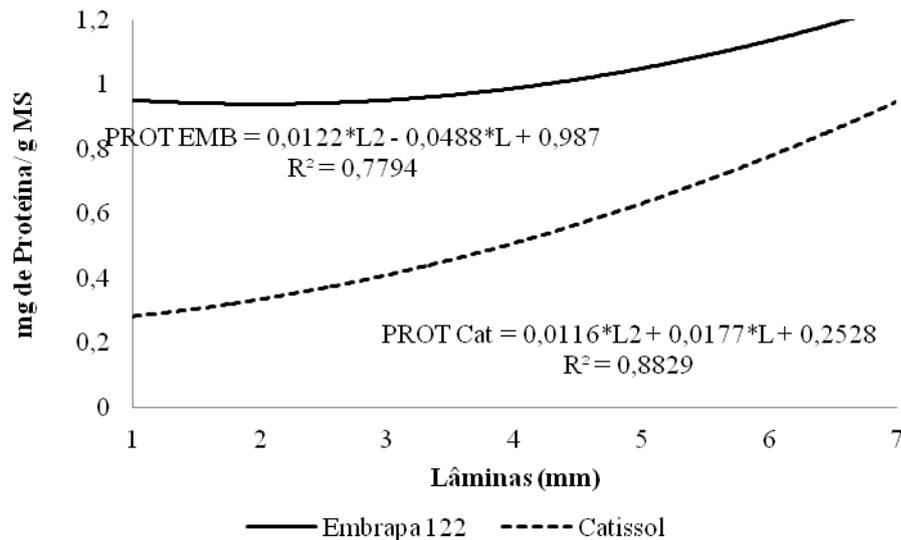
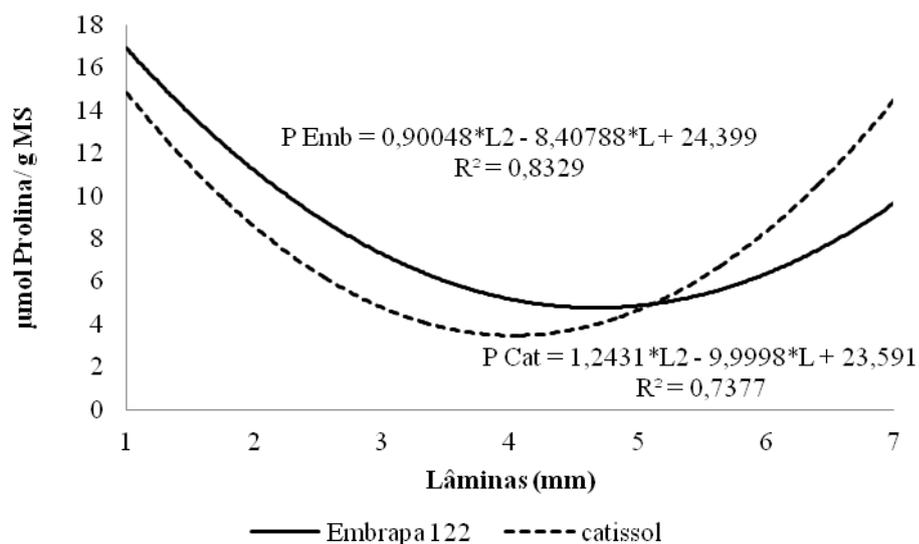


Figura 4: Concentração de prolina em folhas, de plantas de girassol, em função de diferentes lâminas de água. Cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.



Analisando os resultados, observa-se que, com o aumento da disponibilidade hídrica no solo, o teor de proteína nas folhas foi maior, isso pode ser pela melhor eficiência de utilização do nitrogênio, quando o solo se apresenta mais úmido.

Resultados diferentes foram encontrados por Rodrigues *et al.* (2005), em que não se detectou efeitos significativos nos teores de proteína bruta do capim-Tanzânia com o aumento do nível de irrigação aplicado. Lopes *et al.* (2005) evidenciaram queda nos teores de proteína bruta com aplicação de maiores níveis de água.

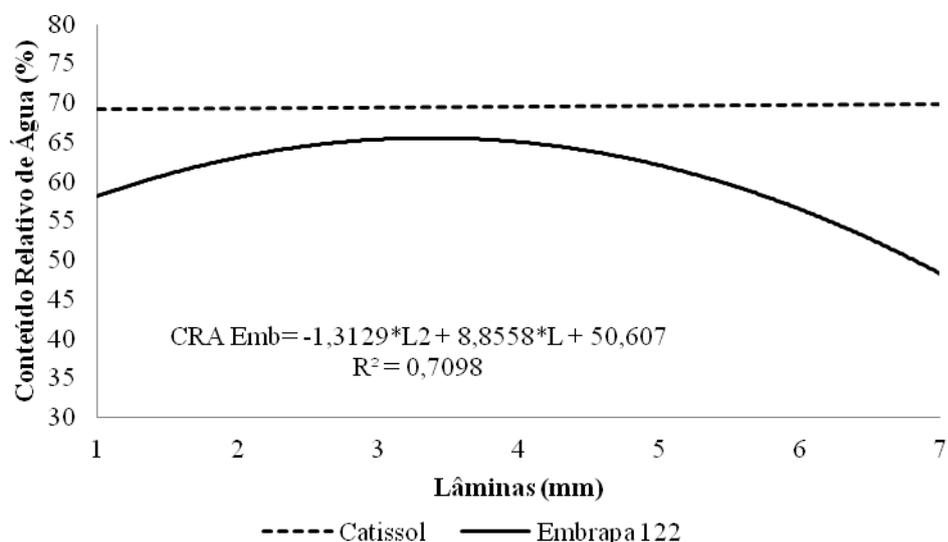
A tolerância das plantas a condições desfavoráveis, principalmente em relação ao déficit hídrico, têm sido associada ao acúmulo de prolina, o que pode representar um mecanismo regulador de perda de água mediante a redução do potencial hídrico celular (FUMIS; PEDRAS, 2002), como também ser um marcador bioquímico de alterações metabólicas geradas por diferentes tipos de estresse (LIMA *et al.*, 2004).

A concentração de prolina é diminuída à medida que se mantêm o controle de água durante o desenvolvimento das plantas (ÜNYAYAR *et al.*, 2004).

Segundo Lima (2013), para as folhas de pimentão os menores valores do teor de prolina foram observados no tratamento com maior reposição da umidade no solo correspondente a 100% e foi aumentando a medida que o nível de reposição da umidade foi diminuindo, apresentando o tratamento com 55% da reposição da umidade no solo os maiores valores de prolina.

A interação para o conteúdo relativo de água na folha, dentro das cultivares, mostrou efeito da lâmina de água apenas a cultivar Embrapa-122. A variação do CRA para a Embrapa-122 ajustou uma função quadrática, com valor máximo estimado de 65,54% para a lâmina de água de 3,37 mm (Figura 5). É importante salientar, que embora as lâminas de água não tenha influenciado nos valores de CRA para a cultivar Catissol, o valor médio de CRA para essa cultivar foi superior ao obtido para a Embrapa-122.

Figura 5: Conteúdo relativo de água em folhas de plantas de girassol, em função de diferentes lâminas de água. Cultivares Catissol e Embrapa - 122. Capitão Poço – PA, 2013.



A redução observada no conteúdo relativo de água, para lâminas menores que 3,37 mm é devido, a menor taxa de absorção de água proveniente do solo pelo sistema radicular, e concomitante perda de água durante as trocas gasosas realizadas através dos estômatos (LOBATO *et al.*, 2008).

O conteúdo relativo de água foi menor nas folhas das plantas expostas a lâminas de água maiores que 3,38 mm, esse fato mostra que a redução do conteúdo relativo de água possivelmente foi causada pelo fechamento dos estômatos, provocado por alterações metabólicas geradas em virtudes da anoxia das raízes.

#### 4.4 CONCLUSÃO

As plantas de girassol desempenharam mecanismos de ajustamento osmótico nas folhas, para tolerar diversas situações de umidade de água no solo.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATES, L. S., WALDREN, R. P. E TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. **Plant and Soil**. v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem**. v. 7, n. 72, p. 248-254, 1976.

CORRÊA, I. M. *et al.* Desempenho de motor diesel com mistura de biodiesel de óleo de girassol. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 923-928, 2008.

FUMIS, T. F.; PEDRAS, J. F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. *Notas Científicas*, **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 449-453, abr. 2002.

GALZERANO, E. M. L. Influência do Nitrogênio na produção e qualidade do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) REDVET. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 8, n. 2, p. 1-8, fev., 2007.

HAGEMAN, R. H. G.; HUCKLESBY, D. P., Nitrate reductase from higher plants. In: **Methods in enzymology**, San Diego, v. 17, p. 491 – 503, 1971.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LIMA, G. S. **Deficiência hídrica de plantas de pimentão** (*Capsicum annum* L.) **fertirrigados e seus efeitos sobre a produção de massa e parâmetros bioquímicos**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, 2013.

LIMA, M. D. S. *et al.* Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos de prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 335- 340, 2004.

LOBATO, A. K. S. *et al.* Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 2, n.1, p. 25-32, 2008.

LOPES, R. S. *et al.*. Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 20-29, 2005.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MENESES, C. H. S. G. *et al.* Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 1/2, p. 1039-1072, 2006.

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

NEVES, M. B. *et al.* Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 127-133, 2005.

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

NOBRE, R. G. *et al.* Vigor do girassol (*Helianthus annuus* L.) sob diferentes qualidades de água. **Educação Agrícola Superior**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 58-60, 2008.

PEOPLES, M. B., FAIZAH, A. W., REAKASEM, B. E HERRIDGE, D. F. **Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field**. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1989. 76 p.

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, n. 4, p. 491-499, abr. 2007.

REIS, A. R.; JUNIOR, E. F.; HAGA, K. I. Atividade da redutase do nitrato em folhas de cafeeiro em função da adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 269-276, 2007.

RODRIGUES, R. B. *et al.* Efeito da adubação nitrogenada na produção de massa seca e composição bromatológica de cultivares de *Brachiaria brizantha*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: SBZ, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.  
ÜNYAYAR, S., KELES, Y., UNAL, E. Proline and ABA levels in two sunflower genotypes subjected to water stress. **Bulgary Journal Plant Physiology**, v. 30, p. 24-47, 2004.

WEATHERBURN, M. W. Phenol hipochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**. v. 39, n. 8, p. 971-974, 1967.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAS**

As cultivares de girassol em estudo, apresentaram respostas distintas para os fatores, plastocrono, doses de boro e lâminas de água, portanto a escolha do material genético deve ser levada em consideração, quando se deseja cultivar o girassol nas condições locais.

Doses de boro menores que 20 mg por plantas, propiciaram valores maiores nos caracteres produtivos analisados.

A disponibilidade de água e a produção das plantas de girassol foram diretamente proporcionais.

O girassol reage à umidade do solo, ajustando os caracteres fisiológicos, para tolerar a maior e a menor disponibilidade hídrica.