



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**TESE**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CULTIVO DO  
GIRASSOL**

**MARIO SERGIO DE ARAUJO**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**Fevereiro - 2014**

**MARIO SERGIO DE ARAUJO**  
**ENGENHEIRO AGRÍCOLA, M. SC.**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CULTIVO DO  
GIRASSOL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM  
ORIENTADOR: Prof. DR. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA

CAMPINA GRANDE – PB

Fevereiro - 2014

## FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- A663l      Araujo, Mario Sergio de.  
              Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no cultivo do girassol / Mario Sergio de Araujo. – Campina Grande, 2014.  
              110 f. : il.
- Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2014.
- "Orientação: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvallo Guerra".  
              Referências.
1. Irrigação - Girassol. 2. *Helianthus Annus L.*. 3. Água do Solo.  
              4. Fertilização Nitrogenada. I. Guerra, Hugo Orlando Carvallo. II. Título.

CDU 631.67:633.494(043)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA**



**AGRÍCOLA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PARECER DE JULGAMENTO**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CULTIVO DO**  
**GIRASSOL**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

---

Ph.D. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA  
 UAEEA/UFCEG – Orientador

---

D.Sc. ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA  
 UFCEG – Examinador Interno

---

D.Sc. LÚCIA HELENA GAROFALO CHAVES  
 UAEEA/UFCEG – Examinador Interno

---

D.Sc. SUENILDO JOSÉMO COSTA OLIVEIRA  
 CCAA/UEPB - Examinador Externo

---

D.Sc. JOSÉ RENATO CORTEZ BEZERRA  
 EMBRAPA/CNPA - Examinador Externo

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**Fevereiro – 2014**

*A meus pais, Jonas de Araújo (In Memoriam) e Maria do Ceu de Araujo ; a minha esposa, Edinalva Maria Sales de Araujo; a minhas filhas, Rayssa e Bárbara , a minhas enteadas Rafaela, Gabriela e Brenda; a meus irmãos, tios, primos, sobrinhos, familiares e amigos, que sempre acreditaram e me apoiaram na busca pelo conhecimento,*

*dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me guia, me acompanha e me conduz pelo melhor caminho com sua presença, em todos os momentos da minha vida.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela oportunidade.

A todos os professores que participam do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao Professor Doutor Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela orientação, pela sabedoria e experiência passada, pelos ensinamentos, parceria e amizade.

À Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, pelo apoio logístico à pesquisa realizada e pela cessão da área e de todo o incentivo necessário à realização dos experimentos.

À EMBRAPA – CNPA, pela realização das análises do teor de óleo das sementes de girassol.

À EMEPA – Lagoa Seca, pelo fornecimento dos dados climáticos, através do Professor Dr. Fidelis, amigo e companheiro de todas as horas.

Aos colegas e amigos de trabalho, professores funcionários da Universidade Estadual da Paraíba – Campus II – Lagoa Seca – PB.

Aos meus colegas de curso, nas diferentes disciplinas realizadas durante os dois anos de aula, trabalhos, seminários, avaliações e demais atividades.

Aos meus alunos e bolsistas do PIBIC/UEPB, pela amizade, dedicação e trabalho incansável durante o período em que conduzimos os experimentos.

Aos amigos, colegas e aos grandes colaboradores para a execução desta tese, Rogério Dantas de Lacerda, Leoberto Alcântara Formiga, José Everardo Barbosa, Leygson Ribeiro Alves,

Josely Dantas, Antonio Fernandes Monteiro Filho, Oclécio Virgínio Maciel, Jorge e Simeão que colaboraram ao longo de todo o trabalho.

A meus pais, Jonas de Araújo (*in memoriam*) e Maria do Céu Araújo, que sempre me incentivaram, apoiaram e confiaram em mim em todos os momentos de minha existência, servindo de exemplo como pessoas íntegras, honestas e trabalhadoras.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

## LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CULTIVO DO GIRASSOL

**RESUMO:** O estudo teve como objetivo, estudar diferentes aspectos do manejo da irrigação e da fertilização nitrogenada da cultura do Girassol, em condições de campo, visando otimizar seu crescimento, desenvolvimento e produção. O experimento foi desenvolvido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizada no Município de Lagoa Seca - PB, Microrregião de Campina Grande, a uma altitude de 634m, nos ciclos de 2011 e 2012. O solo utilizado foi um franco argilo arenoso com um baixo conteúdo de matéria orgânica. O ensaio foi conduzido com o híbrido do Girassol Hélio 360 submetido a cinco diferentes lâminas de irrigação baseadas na Evapotranspiração da Cultura (40, 55, 70, 85 e 100 % ) e quatro doses de nitrogênio (25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>). O desenho experimental foi um fatorial 4 x4 em blocos ao acaso, com três repetições. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SISVAR – ESAL - Lavras/MG, através do qual foi feita a análise de variância e análise de regressão para os fatores quantitativos. A irrigação com níveis ascendentes e associada a doses crescentes de adubação nitrogenada aumentou significativamente o crescimento e desenvolvimento do girassol, sua produtividade e o teor de óleo das suas sementes, tanto quantitativa como qualitativamente.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L., Água do solo, fertilização nitrogenada.

**ABSTRACT:** The experiment has the objective to study different aspects of the irrigation and nitrogen fertilization management of the sunflower under field conditions aiming to optimize its growth, development and production. The experiment was conducted at the Environmental and Agrarian Sciences Center, Campus II, Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca, PB, located in the Lagoa Seca County, Micro region of Campina Grande at a mean altitude of 634m, during the period of October 2008 to October 2009. The soil utilized was a low organic matter sandy clay loam and the sunflower used was hybrid Helio 360 submitted to five irrigation levels (40, 55, 70, 85 e 100 % of the Plant Evapotranspiration) and four doses of nitrogen (25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>). The experimental design used was a 4 x 4 factorial on a randomized-complete block design, with 3 replicates. The data was analysed statistically using the SISVAR – ESAL - Lavras/MG soft, conducting the analyses of variance and regression analyses for the quantitative factors. The associated increase of irrigation and nitrogen fertilization increased significantly the growth, development, productivity and the oil content of the seeds, both in a qualitatively and in a quantitative manner.

**Key- words:** Helianthus annuus L., Soil Water, nitrogen fertilization

## Lista de Figuras

Figura 1 – Croqui do Experimento com os 03 (três) Blocos. ....	43
Figura 2 – Altura caulinar da planta(cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 40 DAS; B – 60 DAS; C – 80 DAS). ....	49
Figura 3- Altura caulinar (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). ....	50
Figura 4- Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 40 DAS; B – 60 DAS; C – 80 DAS). ....	53
Figura 5- Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). ....	54
Figura 6– Área foliar (cm <sup>2</sup> ) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de adubação nitrogenada para cada lâmina de irrigação (% ETc), (A – 40 % ETc); (B – 55 % ETc); (C – 70 % ETc); (D – 85 % ETc); (E – 100 % ETc). ....	58
Figura 7- Área foliar (cm <sup>2</sup> ) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação para cada dose de adubação nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ), (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). ....	59
Figura 8– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – DAS e B – 80 DAS). ....	62
Figura 9– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – DAS e B – 80 DAS). ....	62
Figura 10 – Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). ....	65
Figura 11– Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). ....	66
Figura 12– Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio para cada lâmina de irrigação (% ETc). ....	69
Figura 13- Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação para cada dose de adubação nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ). ....	70
Figura 14– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%a) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc). ....	71
Figura 15– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ). ....	71

Figura 16– Produtividade (A) e consumo de água (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das Lâminas de irrigação (% ETc).....	75
Figura 17– Produtividade (A) e consumo de água (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ). .....	76
Figura 18– Altura da planta (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	78
Figura 19– Altura da planta (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	79
Figura 20- Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	81
Figura 21- Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	82
Figura 22– Área foliar (cm <sup>2</sup> ) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	84
Figura 23- Área foliar (cm <sup>2</sup> ) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	85
Figura 24– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – DAS e B – 80 DAS). .....	87
Figura 25– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – DAS e B – 80 DAS). .....	87
Figura 26– Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	89
Figura 27– Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	90
Figura 28– Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de adubação nitrogenada para cada lâmina de irrigação (% ETc), (A – 40 % ETc); (B – 55 % ETc); (C – 70 % ETc); (D – 85 % ETc); (E – 100 % ETc). .....	93
Figura 29- Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação para cada dose de adubação nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ), (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS). .....	94
Figura 30– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%a) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das Lâminas de irrigação (% ETc). .....	95
Figura 31– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ). .....	95

Figura 32– Produtividade (A) e Lâmina de irrigação aplicada (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das Lâminas de irrigação (% ETC). .....	98
Figura 33– Produtividade (A) e Lâmina de irrigação aplicada (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). .....	99

## Lista de Tabelas

Tabela 1- Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, Lagoa Seca - PB, 2012.....	47
Tabela 2- Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	52
Tabela 3- Resumo das análises de variância referente à variável área foliar, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	55
Tabela 4- Resumo dos desdobramentos para as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio referente à variável área foliar, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360.....	56
Tabela 5- Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do capítulo, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	61
Tabela 6- Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	64
Tabela 7- Resumo das análises de variância referente às variáveis: Massa médio de aquênios por capítulo, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	67
Tabela 8- Resumo dos desdobramentos para as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio referente à variável massa média de aquênios por capítulo, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360. ....	68
Tabela 9- Resumo das análises de variância referente às variáveis: Produtividade e consumo de água do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.....	74
Tabela 10- Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	77

Tabela 11- Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	80
Tabela 12- Resumo das análises de variância referente à variável área foliar, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	83
Tabela 13- Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do capítulo, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	86
Tabela 14- Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	88
Tabela 15- Resumo das análises de variância referente às variáveis: Massa média de grãos por planta, Massa média de 1000 aquênios e teor de óleo do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	91
Tabela 16- Resumo dos desdobramentos para as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio referente à variável massa média de aquênios por capítulo, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360. ....	92
Tabela 17- Resumo das análises de variância referente às variáveis: Produtividade e consumo de água do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. ....	97

**Lista de Quadros**

Quadro 1 – Características físico-hídricas do solo, Lagoa Seca-PB, 2012 .....	37
Quadro 2 – Características químicas do solo, Lagoa Seca – PB, 2012 .....	38
Quadro 3 - Características da água de irrigação, Lagoa Seca – PB, 2012.....	39

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	18
2. OBJETIVO GERAL .....	20
2.1. Objetivos Específicos .....	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
Características geográficas do semiárido.....	21
Cultura do girassol .....	24
Exigências climáticas, hídricas e de solo.....	27
Variáveis agronômicas .....	29
Adubação – parcelamento na aplicação de nitrogênio (N) .....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1. Localização do experimento.....	36
4.2. Clima.....	36
4.3. Solo .....	36
4.3.1 Características físico-hídricas do solo no intervalo de 0 – 20 cm de profundidade da superfície.....	36
4.3.2. Características químicas do solo .....	37
4.4. Irrigação.....	38
4.4.1 Qualidade da água de irrigação .....	39
4.5. Instalação e condução do experimento .....	39
4.6. Delineamento experimental Estatístico .....	41
4.7. Variáveis analisadas.....	44
4.7.1. Altura caulinar da planta .....	44
4.7.2. Diâmetro do caule.....	44
4.7.3. Diâmetro do capítulo.....	44
4.7.4. Área foliar .....	44
4.7.5. Massa vegetal.....	45
4.7.6. Lâmina de irrigação aplicada.....	45
4.7.7. Massa média de aquênios por planta.....	45
4.7.8. Massa de 1000 grãos .....	45
4.7.9. Produtividade .....	45
4.7.10. Teor de óleo nas sementes .....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5.1. PRIMEIRO EXPERIMENTO.....	47

5.1.1. Altura caular da planta .....	47
5.1.2. Diâmetro do caule.....	51
5.1.3. Área foliar .....	55
5.1.4. Diâmetro do capítulo.....	61
5.1.5. Fitomassa .....	64
5.1.6. Massa média de aquênios por capítulo, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo. ....	67
5.1.7. Produtividade e lâmina de irrigação aplicada.....	74
5.2. SEGUNDO CICLO .....	77
5.2.1. Altura caular da planta .....	77
5.2.2. Diâmetro do caule.....	80
5.2.3. Área foliar .....	83
5.2.4. Diâmetro do capítulo.....	86
5.2.5. Fitomassa .....	88
5.2.6. Massa média de aquênios por planta, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo.....	91
5.2.7. Produtividade e lâmina de irrigação aplicada.....	97
6. CONCLUSÕES.....	100
7. REFERÊNCIAS .....	101

## 1. INTRODUÇÃO

Planta originária das Américas, o girassol (*Helianthus annuus* L.), foi conduzido à Europa pelos colonizadores espanhóis e portugueses. As propriedades oleaginosas dos frutos foram descobertas na Rússia sendo então reintroduzidos na América do Norte, via Canadá, e no Brasil (DALL'AGNOL et al., 2005).

A semente de girassol é, botanicamente, um fruto seco, composto por pericarpo (casca) e semente propriamente dita (polpa). Os híbridos cultivados atualmente têm 25% de casca e 75% ou mais de polpa. O rendimento de óleo do fruto ou semente inteira é de 48 a 52% (ROSSI, 1998). O óleo de girassol ganha cada vez mais espaço no segmento alimentício impulsionado tanto pela qualidade nutricional quanto pelos benefícios comprovados à saúde. Outro segmento que deve alavancar o crescimento da produção dos grãos no Brasil é a popularização dos combustíveis renováveis à base de óleos vegetais, como o biodiesel e o Hbio da Petrobrás haja vista que, enquanto a soja – principal oleaginosa utilizada na composição do biodiesel nacional – apresenta 18% de teor de óleo, o girassol possui mais que o dobro com teor entre 37 a 50%, com produção de grãos entre 1300 e 2800 quilos por hectare (CARVALHO et. al, 2006 ).

Atualmente, o girassol ocupa cerca de 100 mil hectares no Brasil. No Cerrado, o girassol é uma opção preferencial como segundo cultivo no verão (safrinha). De acordo com alguns pesquisadores da Embrapa, há perspectivas de crescimento da área cultivada com girassol no País, em virtude da produção de biocombustível e para atender ao mercado de óleos comestíveis nobres, confeitaria, alimentação de pássaros, produção de silagem, farelo e torta para alimentação animal, produção ornamental, produção de mel, além da possibilidade de exportação de grãos e óleo (EMBRAPA, 2008).

O setor de transporte é considerado o maior consumidor de combustível líquido do mundo, o que está levando os países industrializados a pensarem em estratégias para diminuir o consumo deste recurso. Ainda são várias as alternativas discutidas para o desenvolvimento de uma fonte de energia renovável visando ao mercado automobilista, em que o uso do hidrogênio e do metanol é uma delas porém o desafio tecnológico de fazer veículos a um baixo custo tem prevenido esta opção promissora de ser introduzida no mercado. Em geral, as frotas de veículos existentes nos países em desenvolvimento, apresentam uma vida de serviço extraordinariamente longa resultando em baixa eficiência e em um nível maior de emissão de CO<sub>2</sub>, o que constitui problema urgente para a saúde humana em áreas urbanas (FRANCIS et

al., 2005). Na busca de alternativas para este grave problema ambiental e devido a um contingente populacional cada vez mais crescente, o mundo não pode desviar suas colheitas com potencial para produção de óleo comestível para a produção de biodiesel.

Com o agravamento da crise de abastecimento de água torna-se imprescindível estabelecer fronteiras entre os limites mínimos de produtividade x disponibilidade de água para o cultivo do girassol, economicamente reconhecido como adaptadas/viáveis à região, seja pela sua rusticidade seja pelo potencial de renda que representa para as inúmeras famílias que buscam alternativas para melhorar suas condições de vida.

O consumo de água pelo girassol varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura. A necessidade de água para o girassol aumenta com o desenvolvimento da planta partindo de valores em torno de 0,5 a 0,7 mm/dia durante a fase da sementeira à emergência, para um máximo de 6 a 8 mm/dia, na floração e no enchimento dos grãos, decrescendo após este período até a maturação fisiológica. Portanto, a ocorrência de déficit hídrico durante a floração e o enchimento de grãos afeta bastante a produção de aquênios e o teor de óleo. Não obstante o baixo consumo de água no início do ciclo, uma disponibilidade adequada de água durante o período da germinação à emergência é necessária para a obtenção de uma boa uniformidade na germinação e na emergência das plantas. As necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas existindo informações que indicam desde menos de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo. Entretanto, na maioria dos casos 400 a 500 mm de água bem distribuídos ao longo do ciclo resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo da cultura (CASTRO & FARIAS, 2005).

No caso do girassol o Nitrogênio – N, afeta substancialmente o número potencial de flores por capítulo, que é determinado bem cedo no desenvolvimento da planta durante a diferenciação floral (STEER & HOCKING, 1985). A aplicação do N nas fases iniciais, além de proporcionar incremento no número de aquênios por capítulo (FLECK & SILVA, 1989; ZAGONEL, 1989), pode resultar em maior tamanho e número de folhas por planta e, em decorrência, no aumento da área foliar por planta (FLECK & SILVA, 1989). Embora as folhas sejam responsáveis pela produção de carboidratos que se destinam à formação de sementes nem sempre há correlação entre área foliar acima de determinado índice e rendimento de aquênios (FLECK & SILVA, 1989; ZAGONEL, 1989). Outros órgãos da planta também são modificados pela presença de N porém em menor grau que as folhas. No caule ocorre o aumento da estatura da planta (ZAGONEL, 1989) e do seu diâmetro, resultando em incremento de matéria seca (COSTA, 1991).

## **2. OBJETIVO GERAL**

Estudar o efeito de diferentes lâminas de irrigação no solo associado à adubação nitrogenada no crescimento e no desenvolvimento do girassol.

### **2.1. Objetivos Específicos**

1. Avaliar as alterações provocadas no crescimento e no desenvolvimento da cultura do Girassol quando submetido a diferentes lâminas de irrigação;
2. Verificar o efeito de diferentes doses de nitrogênio no crescimento e no desenvolvimento no cultivo do Girassol;
3. Estudar o efeito de lâmina de irrigação na produção do Girassol e sua influência sobre a quantidade do produto final;
4. Estudar o efeito de doses de nitrogênio na produção do Girassol e sua influência quanto à quantidade do produto final;
5. Estudar o efeito da interação das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no crescimento e no desenvolvimento do girassol.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### **Características geográficas do semiárido**

O Ministério da Integração Nacional definiu o semiárido conforme os critérios estabelecidos, em 2004, como sendo a área que possuíam as seguintes características edafoclimáticas: i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; ii) índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; iii) risco de seca maior que 60% tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (Ministério da Integração Nacional, 2004).

Os resultados do Censo Demográfico realizado pelo IBGE revelaram que a população residente no Semiárido brasileiro alcançou o total de 22.598.318 habitantes em 2010 representando 11,85% ou 42,57% da população nordestina ou, ainda, 28,12% da população residente na região Sudeste. Equiparando as populações das regiões Norte e Centro-Oeste a da região semiárida, observa-se que esta última supera facilmente as dessas regiões e apenas 17,48% menor do que a população residente na região Sul. Percebe-se claramente, portanto, a grandeza numérica que representa a população residente no Semiárido brasileiro (IBGE, 2010).

Segundo Garrido (1999) há três razões principais que visam a a preocupação com o semiárido no Brasil, a primeira relacionada ao tamanho da região que alcança quase um milhão de quilômetros quadrados, superior ao território de muitos países do mundo, associado à presença de uma expressiva população em que 31 % (quase 48 milhões de habitantes no meio rural ou em pequenos núcleos) estão no “Polígono das Secas”, com amplo predomínio dos estratos inferiores de renda.

O semiárido brasileiro apresenta situações mais difíceis de serem superadas do que as regiões de outras regiões semiáridas do mundo. Aqui, os solos são, em sua maior parte, muito rasos, com a rocha quase aflorante, o que compromete a existência de aquíferos, sua recarga e qualidade das águas; temperaturas elevadas conduzem a altas taxas de evaporação; poucos rios perenes; concentração populacional das mais altas entre os semiáridos do mundo geram pressões excessivas sobre os recursos hídricos (CAMPELLO NETO et al, 2007).

O desenvolvimento sustentável no campo leva em conta a preocupação com a melhoria das condições de vida das populações e a preocupação de que a prática agropecuária seja realizada com prudência de forma a preservar os recursos naturais. No caso do semiárido uma das formas apontadas para se alcançar um desenvolvimento sustentável consiste no plantio de culturas adaptadas às condições naturais para que haja diminuição da vulnerabilidade da agricultura camponesa e a garantia de segurança alimentar (PEREIRA et al, 2013).

O semiárido é diverso, é heterogêneo e demanda, desta forma, soluções específicas adequadas a cada uma de suas paisagens. A região está em transformação significativa nos diversos locais em que as práticas sociais tradicionais são substituídas por novas práticas com base na irrigação e na industrialização. Esses vetores de mudança são sementes de futuro que já florescem em muitos rincões regionais. O acesso à água das populações rurais continua a ser um problema significativo, não obstante sua redução percentual devido à imigração para centros urbanos. Aqui se faz imprescindível a água para beber e para produzir (MEDEIROS et al, 2011).

A ocorrência da água no semiárido se dá sob determinada sazonalidade, com a precipitação ocorrendo praticamente sobre um período do ano. Esta pluviosidade, relativamente baixa e irregular, é concentrada em uma única estação de três a cinco meses caracterizada, ainda, pela insuficiência e pela irregularidade temporal e espacial (SOUZA FILHO, 2011; BEZERRA, 2002). Adicionalmente, ocorre uma variabilidade significativa interanual que impõe secas e cheias severas, sobrepostas à variabilidade plurianual (decadal), que produz sequência de anos secos e úmidos.

A irregularidade na distribuição sequencial das chuvas tem sido um dos fatores limitantes ao desenvolvimento e à estabilização na produção agrícola no semiárido brasileiro. Além da má distribuição sequencial, o período chuvoso é curto, com longo intervalo entre chuvas de alta intensidade, o que não só provoca erosão mas também concorre para que grandes volumes de água não fiquem armazenados no perfil do solo e sejam perdido tornando a exploração agrícola uma atividade de risco.

O tipo de cultivo a ser escolhido para plantar depende do requerimento de água, da oportunidade da oferta hídrica coincidir com os períodos críticos, da exigência de umidade pela planta e da habilidade do cultivo em suportar estresse hídrico sem comprometer intensivamente o rendimento. O requerimento total de água de um cultivo, por sua vez, depende da duração de seu ciclo fenológico.

A irrigação constitui o principal usuário de recursos hídricos respondendo tanto em nível nacional como mundial, por cerca de 70% do consumo de água. O uso da água pela irrigação apresenta comportamento não linear ao longo do ano ocorrendo um aumento expressivo na demanda, exatamente nos períodos mais secos do ano nos quais o déficit hídrico é maior.

Em um mundo onde a preocupação com a escassez de água cresce a cada dia, os conflitos de interesse no uso da água são inevitáveis. Neste contexto, a medição da riqueza gerada por unidade de água aplicada na irrigação torna-se um instrumento imprescindível na medida em que permite a comparação da água utilizada em setores econômicos distintos.

O uso indiscriminado da água pode, na produção agrícola, proporcionar sérios impasses: à planta, ao meio ambiente e à sociedade civil, além de ocasionar danos financeiros. Nas plantas, a clorose pode ser um sintoma de excesso de água no solo devido não absorver o oxigênio pelas raízes (KRIZEK, 1992). A lixiviação dos fertilizantes como consequência do uso demorado da água no solo pode contaminar o lençol, causando prejuízos para a sociedade e ao meio ambiente, além do aumento das despesas com água e fertilizantes.

A irrigação permite complementar, ou até mesmo substituir totalmente, a precipitação pluviométrica em períodos de estiagem garantindo a produtividade agrícola e a fixação do homem no campo, através do emprego permanente. Neste contexto, a irrigação passou a ser um valioso componente para tornar viável a agricultura e, de uma maneira peculiar, nas regiões áridas e semiáridas em que as precipitações naturais não são distribuídas em quantidades suficientes para assegurar uma umidade apropriada no solo, durante todo o ciclo da cultura (MORAIS et al, 2008; ACOSTA, 2009).

Com o aumento das áreas irrigadas e a diminuição da disponibilidade hídrica, tem sido tendência mundial optar pelo método de irrigação localizado de modo a tornar mínimo o volume de água aplicado na irrigação, sem reduzir a produtividade das culturas agrícolas (SOUZA; ANDRADE; SILVA, 2005).

Um novo modelo de produção que considera a água como fator limitante tem ganhado adeptos em todo o mundo. A relação produção/água permite mensurar a eficiência da produção da cultura em função da água por ela utilizada. Indicativo que vem despertando interesse nas últimas décadas pelo importante papel que pode desempenhar como auxiliar de gestão e a otimização de recursos escassos, sendo de grande utilidade quando se trata de gerir a rega em condições de carência hídrica (TOUREIORO; SERRALHEIRO; OLIVEIRA, 2007).

O manejo da água é o condicionante para o sucesso ou o fracasso da agricultura irrigada. É imprescindível conhecer necessidades hídricas da cultura para o fornecimento de água racional sem que haja déficit, nem excesso, definindo quando e quanto irrigar (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

As pesquisas relacionadas ao manejo de irrigação, como a aplicação de diferentes lâminas de irrigação, podem determinar, de forma prática e racional, as necessidades hídricas das culturas (AZEVEDO & BEZERRA, 2008). A determinação *in locu* da quantidade de água de que a cultura necessita para crescer e produzir dentro dos limites impostos por seu potencial genético, é importante para o manejo correto da irrigação podendo ser recomendada para outras regiões com clima e solo semelhantes.

O excesso de água pelo manejo incorreto da irrigação pode acarretar: aumento da mão-de-obra; perda dos nutrientes por percolação; salinização do solo; dispêndio de energia e elevados custos de produção. A possibilidade da contaminação do lençol freático também é uma realidade do uso excessivo de água na agricultura. Para Gomes; Testezlaf (2004), o manejo de água deve atender às necessidades das culturas e ao mesmo tempo estar aliado à preservação ambiental. Para Jadoski et al, (2003), para o uso correto do manejo da irrigação deve-se considerar a resposta da cultura à lâmina de irrigação aplicada.

### **Cultura do girassol**

O girassol também é conhecido como “flor do sol” devido à sua rotação sempre voltada para o sol (heliotropismo). É a quinta oleaginosa em produção de grãos e a quarta em produção de óleo no mundo atrás apenas do dendê, soja e canola (USDA, 2005 citado por ACOSTA, 2009).

A exploração comercial da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) gira em torno da qualidade do óleo extraído dos aquênios com destaque entre as mais importantes espécies fornecedoras de óleo do mundo (SOUZA, 2010; JESUS et al., 2011; SILVA et al., 2013). Empregado na produção de óleos comestíveis e por atender a uma fonte promissora de produção para o biodiesel (SOUZA, 2010). Entretanto, a produção de grãos no Brasil para atender a tais demandas, ainda é insuficiente (OLIVEIRA et al., 2008).

O girassol é cultivado em todos os continentes, a produção prevista para a safra 2013/2014, segundo USDA – junho/13, deverá ser 40,3 milhões de toneladas, ou seja, aumento de 10,8% se comparada com a safra passada. Os maiores produtores em milhões de toneladas é a Ucrânia, com 10,5; Rússia 8,9; União Europeia 8,3; Argentina 3,3 e Turquia 0,9 respectivamente (CONAB, 2013).

O girassol é uma oleaginosa com ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas visto que seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo. Devido a essas propriedades apresenta-se como nova opção para os sistemas de rotação e sucessão de culturas como mais uma alternativa para as regiões produtoras de grãos (CASTRO et al. 1993).

O girassol pode ser utilizado para os mais diversos fins, tais como: consumo humano, apicultura, biodiesel e ração animal. O óleo de girassol pode, também, ser utilizado na indústria farmacêutica, de cosméticos, de tinta e de limpeza. Suas sementes podem ser torradas e usadas como aperitivo, na composição de barras de cereais, biscoitos, papa de bebês, ração para pássaros, cães e gatos. O girassol pode servir de adubação verde além de que as cascas de suas sementes podem ser prensadas na forma de aglomerado para a indústria de móveis e o caule pode ser utilizado na construção civil, como isolante térmico e acústico. Nos países eslavos as sementes de girassol são torradas, moídas e utilizadas como sucedâneo do café. Na área de floricultura e ornamentação sua utilização pode ser ampliada através do cultivo de girassois coloridos (VIEIRA, 2005).

No Brasil, o cultivo de girassol, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, mostra que no ano de 2012/2013 havia 68,7 mil hectares de área cultivada com uma safra de 108,8 mil toneladas com produtividade média de 1.573 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013).

O girassol se constitui de uma cultura alternativa para a região semiárida pelo emprego do seu óleo e possibilidade de uso na produção do biodiesel, grande rusticidade, boa adaptação às variações do meio ambiente podendo ainda ser cultivado, em consórcio com outras culturas de importância econômica, como o amendoim, algodão e feijão, entre outras; é de grande relevância para o melhor aproveitamento agrícola da região semiárida sendo uma opção para a economia dessa região (SANTOS et al, 2013)

A planta de girassol apresenta porte alto, raízes profundas e grande diversificação de características fenotípicas. Apresenta caule robusto e ereto, com ou sem pelo, geralmente sem ramificações e com diâmetros variando entre 15 e 90 mm. O diâmetro do caule é uma característica excelente no girassol pois permite que ocorra menos acamamento da cultura e

facilita seu manejo, tratos e colheita (ZAGONEL; MUNDSTOCK, 1991). Quanto à altura, são observadas variações de 0,5 a 4,0 m (CASTIGLIONI et al., 1994) usualmente oscilando entre 1,0 e 2,5 m. Suas folhas são alternadas e pecioladas, com comprimentos de 8 a 50 cm e com um número de folhas por caule variando entre 8 e 70 mas em geral este número fica entre 20 e 40. Além disto, as folhas de girassol podem ter diversos formatos e tamanhos (CASTIGLIONI et al., 1994).

A duração do ciclo vegetativo pode variar de 90 a 130 dias dependendo do cultivar, do período de semeadura e das condições ambientais características de cada região e ano. Características da planta, como altura, tamanho do capítulo e circunferência do caule, variam segundo o genótipo e as condições edafoclimáticas (CASTIGLIONI et al., 1994) além da época de semeadura (MELLO et al., 2006).

A inflorescência é um capítulo, no qual se desenvolvem os grãos, denominados aquênios. A inflorescência pode ter formação plana, convexa ou côncava, com flores que se desenvolvem do exterior para o interior do capítulo dando origem aos frutos (CASTRO et al., 1996 a). Os capítulos têm diâmetros de 6 a 50 cm, contendo de 100 a 8.000 flores, sendo mais frequente um número de flores variando entre 800 e 1.700 por capítulo. O caule e o capítulo são os componentes de maior participação na produção de massa do girassol.

As sementes são constituídas pelo pericarpo (casca) e semente (amêndoas), de tamanho, cor e teor de óleo variáveis, 30 a 48% de óleo, dependendo do cultivar (KAKIDA et al., 1981). Frequentemente, o número de aquênios fica em torno de 800 a 1.700 por capítulo (CASTRO et al., 1996 b), sendo que o peso de mil aquênios pode variar de 30 a 60g.

Em média, além de 400 kg de óleo de excelente qualidade, para cada tonelada de grão, a cultura do girassol produz 250 kg de casca e 350 kg de torta, com 45% a 50% de proteína bruta (ACOSTA, 2009). Apresenta polinização cruzada, feita basicamente por entomofilia, pela ação de abelhas e outros insetos (KAKIDA et al., 1981). Atualmente, alguns cultivares têm alto grau de autocompatibilidade reproduzindo, mesmo na ausência de insetos.

O espaçamento de plantio do girassol pode variar de 60 a 90 cm entre linhas e de 30 a 40 cm entre plantas. Para materiais de porte médio o espaçamento de 70 cm entre linhas apresenta bons resultados. O espaçamento de 80 cm tem sido empregado na mecanização da colheita com colhedadeiras de milho adaptadas. O plantio deve ser em covas, na profundidade de 3 a 5 cm. A semeadura é realizada quando o solo está com bom teor de umidade (FREIRE, et al. 2007).

O diâmetro do capítulo é um dos indicativos bastante variáveis quanto às condições de cultivo e que pode ser utilizado para prospectar o rendimento da cultura. Azevedo et al. (2008), trabalhando com 26 genótipos de girassol no município de Paragominas - DF, observaram variação de 11,1 cm a 17 cm de acordo com o genótipo oferecendo um indicativo de adaptação do genótipo ao local.

### **Exigências climáticas, hídricas e de solo**

O girassol apresenta capacidade de adaptação a diversos ambientes podendo tolerar altas e baixas temperaturas e estresse hídrico Leite et al., (2005); Dutra et al., (2012); Silva et al., (2013) seu desempenho agrônômico é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo Oliveira et al., (2011) o que confere, a esta cultura, características agrônômicas importantes podendo ser cultivadas em diversos sistemas de produção (DUTRA et al., 2012). Durante muito tempo o girassol foi considerado uma espécie de clima temperado mas o advento do melhoramento genético e de várias pesquisas permite, hoje, altos rendimentos na região Nordeste (OLIVEIRA et al., 2008).

A deficiência hídrica nas plantas induz o mecanismo de fechamento dos estômatos no intuito de minimizar a perda de água reduzindo a transpiração. Contudo, com o fechamento dos estômatos tem-se redução da absorção de CO<sub>2</sub> para o mesófilo foliar e, conseqüentemente, redução nas taxas fotossintéticas (SOUZA; SOARES; ALBUQUERQUE, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2009).

A curto prazo, o estresse hídrico causa, reduções na condutância estomática e no crescimento de folhas, a longo prazo, reduções no crescimento do caule das plantas (GOLLAN et al., 1986). Como a produtividade está relacionada do acúmulo de carboidratos e este com a fotossíntese a disponibilidade de água no solo é fundamental para o rendimento da cultura (WULLSCHLEGER; OOSTERHUIS, CRAFTSBRANDNER; 1990).

Esta cultura tem capacidade aproximada de 92% de extrair a água disponível da camada de solo compreendida da superfície até dois metros de profundidade contra 64% do sorgo, BREMNER et al., (1986) dando-lhe a propriedade de resistir a curtos períodos de estresse hídrico. Possui baixa eficiência no uso da água sendo que cada litro de água consumido produz menos de dois gramas de matéria seca porém em condições de déficit hídrico esta eficiência aumenta em torno de 20% a 50%. Sionit et al., (1973) salientam a importância da umidade do solo no desenvolvimento e no rendimento do girassol e que o

rendimento máximo é alcançado quando o solo se encontra em capacidade de campo, evidenciando a importância da época de semeadura sobre o rendimento das culturas.

O solo deve ser preparado de forma a fornecer condições ideais para a germinação rápida e uniforme das sementes, permitindo o bom aproveitamento de água e nutrientes do solo, durante o desenvolvimento da planta. Com sementes de boa qualidade plantadas em condições adequadas de solo e clima, a emergência ocorre aos cinco ou sete dias após a semeadura (CASTIGLIONI et al., 1997).

Por mais que o girassol tenha facilidade de adaptação em vários tipos de solo, o ideal é a utilização de solos corrigidos com pH entre 5,2 e 6,4, a fim de se evitar sintomas de toxidez. Além disto, solos profundos, de textura média, férteis, planos e bem drenados, favorecem o bom desenvolvimento do sistema radicular. Essas características dão maior resistência à seca e ao tombamento proporcionando maior absorção de água e nutrientes e, em contra partida, maior rendimento. Solos leves ou pesados também podem ser usados se não houver impedimento para o desenvolvimento do sistema radicular.

Vários índices fisiológicos estão relacionados ao uso da água pelas plantas, dentre eles a fotossíntese e a condutância estomática, que chamam mais a atenção visto que o ajuste osmótico, tal como o fechamento dos estômatos, permite às plantas escapar da desidratação e da perda do turgor pela manutenção do conteúdo de água nas células (ROZA, 2010).

O conhecimento apenas da necessidade total d'água consumida pela cultura ao longo do ciclo não se traduz em um hábil manejo da irrigação razão pela qual Fereres & Soriano (2007) propuseram o conceito de irrigação deficitária que consiste na aplicação de lâminas de água inferiores às estimadas pelas metodologias que, tradicionalmente, determinam os requerimentos hídricos, ao longo dos distintos estádios fenológicos. O conhecimento do desempenho das espécies vegetais diante da aplicação do manejo da irrigação com déficit regulado pode ser de grande valia quando se almeja uma ampliação na produtividade da água e se pode explicar a capacidade de tolerância e/ou sensibilidade à deficiência hídrica das culturas quando imposta ao longo de suas diferentes fases de desenvolvimento tendo em vista que os efeitos dos déficits hídricos variam com os estádios em que os mesmos se manifestam e cujas respostas podem até apontar efeitos maléficis do déficit sob o crescimento, embora sejam possíveis de resultar em equilíbrio funcional entre a água empregada e a fitomassa produzida (TOUREIRO et al., 2007).

Em condições de estresse hídrico a maioria dos vegetais busca alternativas para diminuir o consumo de água reduzindo sobretudo a transpiração e, dentro das adaptações mais conhecidas, tem-se a redução da área foliar através da diminuição da quantidade de folhas

(FAGERIA, 1989). Para Benincasa (1988), o declínio da área foliar também pode, à medida que as plantas se desenvolvem, também pode ser decorrente da interferência das folhas superiores sobre as inferiores (autossombreamento), o que provocaria diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura. Para Taiz & Zeiger (1998), os efeitos do déficit hídrico não só limitam o tamanho das folhas individuais (expansão celular) mas também o número de folhas visto que diminuem a taxa de crescimento dos ramos. O déficit hídrico aumenta a senescência das folhas, Wright et al., (1983), de vez que ocorre porque o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio dos pontos de crescimento (WOLFE et al., 1988).

As folhas são órgãos que retratam, mais rapidamente e de forma singular, os sintomas de deficiência na planta, seja nutricional (amarelecimento, clorose internevural, queimadura nas bordas etc.), patogênico (mosaico, engilhamento etc.) ou hídrico. Sendo a folha o órgão da planta que mais percebe a deficiência hídrica diante da situação de déficit hídrico, as plantas tentam se ajustar reduzindo seu número e posteriormente seu tamanho (CASTRO; FARIAS, 2005).

Entender a evolução da planta durante o cultivo é fundamental para a tomada de decisões. Da emergência aos 30 dias (aparecimento do botão floral) o crescimento é lento, consumindo pouca água e nutrientes; contudo, a partir deste período até o final do florescimento o crescimento é rápido, intensificando o consumo de água e de nutrientes (CASTRO et al., 1997).

### **Variáveis agronômicas**

As variáveis agronômicas do girassol estão diretamente relacionadas à disponibilidade hídrica, condições ambientais e ao estado nutricional e fitosanitário da cultura. Segundo Zagonel; Mundstock (1991), a altura da planta é reflexo das condições nutricionais no período de alongamento do caule. Gomes et al. (2007) observava, trabalhando com 12 genótipos de girassol em São Luiz - MA observou altura média das plantas em torno de 63,9 cm; já Azevedo et al. (2008) verificaram, avaliando 26 genótipos em Paragominas, DF, valores

médios de 128,4 cm, resultados bem superiores aos observados por Gomes *et al.* (2007), reforçando a hipótese de que há vários fatores que interagem no desenvolvimento da cultura.

A área foliar é uma variável vegetativa significativa que determina o consumo de água pelas plantas; está relacionada diretamente ao potencial produtivo da cultura sendo severamente inibida quando exposta ao déficit hídrico prolongado (FERNÁNDEZ *et al.*, 1996).

O déficit hídrico aumenta a senescência das folhas (WRIGHT *et al.*, 1983). Segundo Wolfe *et al.* (1988) isto se deve ao fato do solo seco não poder fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura; desta forma, o nitrogênio é transportado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio dos pontos de crescimento.

Toureiro; Serralheiro; Oliveira (2007) observaram, em irrigação deficitária do girassol redução do índice de área foliar em virtude da senescência antecipada das folhas neste período, quando comparada com a cultura sem déficit hídrico; ainda segundo os autores, trata-se de uma adaptação da cultura à deficiência hídrica.

Segundo Acosta (2009), o consumo hídrico da cultura do girassol irrigado na região da chapada do Apodi – RN, é de 554,1 mm, corroborando com Silva *et al.* (2007) ao observarem incrementos médios na altura de plantas, da ordem de 16,41, 15,63 e 18,75% nos tratamentos irrigados L1 (350,84 mm), L2 (428,70 mm) e L3 (522,14 mm), respectivamente, comparados com o tratamento não irrigado L0 (117,20 mm). Segundo os autores, as maiores médias de altura da planta (1,51 m) foram obtidas com 522,14 mm de água por ciclo.

Gomes *et al.* (2005) constataram redução de produtividade na ordem de 30% no cultivo sob déficit hídrico, quando comparado com as plantas com status hídrico adequado. Desta forma, a irrigação é uma prática agrícola fundamental para se melhorar a eficiência de produção ou mesmo evitar prejuízos agrônômicos (AZEVEDO; AMABILE; SILVA, 1998).

Segundo Zagonel; Mundstock (1991), a massa de aquênios é o resultado da capacidade da planta de suprir nutrientes até o limite potencial estabelecido para cada cultivar. Em geral, há grande diversidade de respostas especialmente associadas ao número de aquênios previamente fixados. Azevedo *et al.* (2008) observaram, avaliando 26 genótipos de girassol em Paragominas - DF, massa cuja média de mil aquênios variou de 35,1 g a 71,8 g de acordo com o genótipo; a média determinada entre todos os genótipos foi de 53,7 g; a produtividade foi bastante vulnerável quanto às variáveis da própria cultura (genética) como das variáveis externas como o clima, disponibilidade hídrica e nutricional. Martins; Lessa;

Pitombeira (2008) avaliaram em estudo conduzido no município de Pentecoste - CE, o desempenho de dezenove genótipos de girassol irrigados por sulcos e constataram produtividades máximas entre 3079 a 3321 kg ha<sup>-1</sup>. Gomes et al. (2007), também observaram, trabalhando com diferentes genótipos sem irrigação em São Luís – MA, produtividade máxima de 548,1 kg ha<sup>-1</sup>.

O tamanho do capítulo também é um bom parâmetro para avaliar o desenvolvimento das plantas e a produtividade; mas, também é afetado pelo déficit hídrico. Entretanto, é comum a falha do enchimento ou mesmo ausência de aquênios no centro do capítulo. Assim, a medida do tamanho do capítulo pode não refletir a real condição edafoclimática em que ocorreu o florescimento e/ou o enchimento de aquênio, em função da dinâmica da antese das flores verdadeiras, que ocorre gradualmente e abrem, segundo um padrão, em espiral centrípeta; desta forma e, com a mudança da relação fonte/dreno, a translocação das reservas de fotoassimilados passa a ser predominantemente para os aquênios oriundos das primeiras flores Polinizadas, ou seja, os aquênios mais beneficiados pelo estado nutricional e hídrico da planta obedecem à mesma dinâmica da antese em espiral e estão localizados na periferia. Dos fatores que podem afetar o número de aquênios por capítulo, como agentes polinizadores, principalmente abelhas, deficiência de boro e déficit hídrico (CASTRO & FARIAS, 2005).

O teor de óleo das sementes é fundamental para a viabilização da cultura destinada ao biodiesel. A indústria já estuda possibilidades de pagar pela qualidade do produto, teor de óleo das sementes. Segundo Mandarino (1992), um dos objetivos principais do melhoramento genético do girassol se deve à obtenção de cultivares com elevado teor de óleo. Gomes et al. (2007) verificaram, trabalhando com 12 genótipos concentração média de teor de óleo de 44%.

SILVA et al. (2007) observaram, com o objetivo de avaliar a produtividade de grãos e de óleo além de outras características agronômicas de dois genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.): H250 e H251, no período de entressafra, em quatro experimentos conduzidos com tratamentos de lâminas de água referentes à reposição pela irrigação por gotejamento, que a produtividade de grãos e de óleo, a altura das plantas e o diâmetro dos capítulos, aumentaram em função do aumento das lâminas de água enquanto as cultivares utilizadas indicaram diferenças em relação aos fatores produtividade de óleo, peso de 1000 aquênios e altura de plantas; também esses autores constataram eficiência técnica na produção, mesmo sem irrigação, com produtividade média de 1924,27 kg ha<sup>-1</sup> e na condição irrigada com aumentos significativos chegando aos 2863,12 kg ha<sup>-1</sup> para a lâmina de 522,14 mm (130% Etc) aplicada no ciclo da cultura.

A formação das sementes é o período mais sensível ao déficit hídrico, causando reduções severas tanto no rendimento quanto no teor de óleo dos aquênios (ANDRADE, 2000). Segundo Gimenez et al. (1975) e Unger et al. (1976), aquênios procedentes do cultivo irrigado apresentam maiores rendimentos em óleo. Corroborando com Silva et al. (2007), ao constatarem que a elevação da disponibilidade hídrica é proporcional ao aumento na concentração de óleo, atingindo valores máximos de 675,57 kg ha<sup>-1</sup> com 130% da ETc.

Segundo Unger (1990) tem-se, com o cultivo de girassol irrigado, rendimentos de 2.500 a 3.500 kg ha<sup>-1</sup> de aquênios. Silva et al. (2007) constataram, avaliando o efeito da disponibilidade hídrica (sequeiro, 75% ETc, 100% ETc e 130% ETc) nas variáveis produtivas do girassol em Lavras – MG, que a irrigação promoveu elevação na produtividade de grãos, sendo que o tratamento referente a 130% da ETc proporcionou o melhor rendimento de aquênios 2.863,12 kg ha<sup>-1</sup>; já Acosta (2009) observa, em experimento realizado na Chapada do Apodi – RN, produtividade de 2.260 kg ha<sup>-1</sup> com lâmina de 626,4 mm.

### **Adubação nitrogenada**

Produções elevadas de girassol geralmente dependem da adubação química, que deve ser usada de acordo com a recomendação estabelecida mediante análise de solo. O Nitrogênio é, segundo alguns autores (BONO et al., 1999; SCHEINER & LAVADO, 1999) o nutriente que mais limita a produção do girassol ocorrendo uma redução que pode chegar a 60% na produtividade em decorrência da sua deficiência. Na adubação química são aplicadas, no plantio, as doses totais de fósforo e de potássio enquanto o nitrogênio é fracionado sendo 10 kg de N por hectare em fundação e 20 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura, trinta dias após a emergência das plantas.

O nitrogênio desempenha importante função no metabolismo e na nutrição da cultura do girassol; é o nutriente que mais limita sua produção. Já foi registrada redução de até 60% no rendimento do girassol quando há deficiência em nitrogênio (SMIDERLE; GIANLUPPI; GIANLUPPI, 2002 e SMIDERLE; GIANLUPPI; GIANLUPPI, 2003). Biscaro et al. (2008), observaram efeito positivo do incremento das variáveis vegetativas do girassol em função do aumento das doses nitrogenadas, em Cassilândia-MS, obtendo valores máximos de diâmetro do caule (18,4 mm), altura da planta (114,7 cm) e número de folhas (29,2) com 47,8 kg ha<sup>-1</sup>, 72,9 kg ha<sup>-1</sup> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. O crescimento parabólico observado pelos referidos autores para essas variáveis com aumento das doses nitrogenadas, revela que não só

a deficiência mas também o excesso de nitrogênio, pode prejudicar o desenvolvimento da cultura.

O nitrogênio afeta substancialmente o número potencial de flores por capítulo, que é determinado no início do desenvolvimento da planta, durante a diferenciação floral (STEER & HOCKING, 1983). A aplicação do N nas fases iniciais, além de proporcionar incremento no número de aquênios por capítulo (FLECK & SILVA, 1989; ZAGONEL, 1989), pode resultar em maior tamanho e número de folhas por planta e, em decorrência, no aumento da área foliar por planta (FLECK & SILVA, 1989). Embora as folhas sejam responsáveis pela produção de carboidratos que se destinam à formação de sementes nem sempre há correlação entre área foliar acima de determinado índice e rendimento de aquênios (FLECK & SILVA, 1989; ZAGONEL, 1989). Outros órgãos da planta também são modificados pela presença de N porém em menor grau que as folhas. No caule ocorre o aumento da estatura da planta (ZAGONEL, 1989) e do seu diâmetro, resultando em incremento de matéria seca (COSTA, 1991).

Smiderle et al. (2003) observaram incremento significativo quadrático do diâmetro do caule e altura da planta em função das doses de nitrogênio. Os máximos diâmetros do caule e altura da planta foram de 1,8 cm e 1,68 m, respectivamente, obtidos com 80 kg de N ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram observados por Biscaro et al. (2008), ao constatar aumento quadrático da altura da planta em função das doses de nitrogênio sendo a altura máxima da planta de 1,15 m para a quantidade de 72,9 kg ha<sup>-1</sup> de N. Ainda segundo os autores, o número de folhas também foi favorecido significativamente e de modo quadrático. Com a adubação nitrogenada o maior número de folhas foi de aproximadamente 29 folhas obtidas com 80 kg de N ha<sup>-1</sup>.

O número de aquênios por capítulo é um reflexo da ação do nitrogênio na fase crítica da diferenciação floral, afetando diretamente o diâmetro do capítulo (ZAGONEL; MUNDSTOCK, 1991). O diâmetro do capítulo é uma das características morfológicas mais afetadas pela adição de nitrogênio evidenciando aumentos, mesmo com pequenas doses (25 kg ha<sup>-1</sup> de N) (SAMENI et al., 1976). Biscaro et al. (2008) constataram aumento do diâmetro do capítulo com o incremento da adubação nitrogenada obtendo valores máximos de 11,9 cm com 44,9 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio registrando, a partir de então, queda do diâmetro.

A relação entre a qualidade de sementes de girassol e a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, já foi avaliada por vários autores (LIMA et al., 1981; CALAROTA & CARVALHO, 1984). A utilização de sementes de boa qualidade é fator imprescindível para o estabelecimento da cultura do girassol cuja qualidade vai depender das condições em que a

planta foi cultivada. No caso do girassol o nitrogênio afeta substancialmente o número potencial de flores por capítulo, que é determinado bem cedo no desenvolvimento da planta, durante a diferenciação floral (STEER & HOCKING, 1983). A aplicação do N nas fases iniciais, além de proporcionar incremento no número de aquênios por capítulo (FLECK & SILVA, 1989; ZAGONEL, 1989) pode resultar em maior tamanho e número de folhas por planta e, em decorrência, no aumento da área foliar por planta (FLECK & SILVA, 1989). Embora as folhas sejam responsáveis pela produção de carboidratos que se destinam à formação de sementes nem sempre há correlação entre área foliar acima de determinado índice e rendimento de aquênios (FLECK & SILVA, 1989; ZAGONEL, 1989).

Outros órgãos da planta também são modificados pela presença de N; entretanto, em menor grau que as folhas. No caule a aplicação de nitrogênio produz aumento da estatura da planta (ZAGONEL, 1989) e do seu diâmetro, resultando em incremento de matéria seca (COSTA, 1991). Já o sistema radicular responde apenas quando o nutriente é aplicado nas fases iniciais do desenvolvimento da planta (STEER & HOCKING, 1984).

As modificações nos componentes do rendimento são variáveis quando a disponibilidade de N ocorre em diferentes épocas visto que o número como o peso de aquênios são formados em épocas distintas no ciclo de desenvolvimento da planta. Assim, o número de aquênios por capítulo é incrementado quando o N é aplicado no início do ciclo. Associado a isto, ocorre o aumento do tamanho do receptáculo a fim de fornecer o suporte necessário aos aquênios em desenvolvimento, como tem sido detectado pelas medições do diâmetro do capítulo (FLECK & SILVA, 1989; ZAGONEL, 1989; COSTA, 1991). As aplicações mais tardias aumentam o peso de aquênio que pode, ou não ser, associado à maior área foliar (ZAGONEL, 1989). As aplicações tardias de N são importantes para cultivares que apresentam habilidade de continuar o crescimento do capítulo após o florescimento proporcionando, desta forma, aquênios mais pesados (STEER & HOCKING, 1983).

Na cultura do girassol o manejo do nitrogênio é baseado nas modificações produzidas pelo nutriente nos diferentes órgãos e que levam a um rendimento maior. Avaliando os efeitos de doses de N sobre as características agronômicas, rendimento de aquênios e seus componentes e o efeito do parcelamento da aplicação do nutriente sobre essas mesmas características (SCRUCH & MUNSDOCK, 1994) constataram, em pesquisa de campo que doses crescentes de nitrogênio N aplicadas em doses únicas ou parceladas não favoreceram modificações nos parâmetros avaliados em relação à dose maciça. O N determinou o aumento da área foliar e do sistema radicular avaliado no início do ciclo. A estatura da planta aumentou com o N nas fases iniciais mas no florescimento as maiores plantas foram observadas nos

tratamentos das menores doses. O rendimento de aquênios teve pequeno aumento com o incremento da dose de N, acompanhando o comportamento do número de aquênios.

A importância da adubação nitrogenada decorre dos altos custos do fertilizante nitrogenado e também do fato de o N estar sujeito a elevadas perdas por lixiviação e volatilização. O N pode ser utilizado mais eficientemente através de aplicações parceladas para sincronizar os processos de perda (SCRUCH & MUNSDOCK, 1994).

Interagindo os fatores de eficiência econômica da adubação nitrogenada produtividade, teor de óleo e a sanidade vegetal, recomenda-se a adubação nitrogenada na ordem de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. Também é aconselhável o parcelamento da adubação nitrogenada sobremaneira em solos arenosos, sendo aplicado 1/3 da adubação no plantio; o restante com 30 dias após a emergência das plantas, juntamente com a aplicação de 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de boro (LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005).

Zagonel & Mundstock (1991), alcançaram rendimentos máximos 2.125 kg ha<sup>-1</sup> de aquênios, com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N; enquanto Biscaro et al. (2008), obtiveram produtividade de 2.101 kg ha<sup>-1</sup> com 51,7 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A água e o nitrogênio são fatores que podem limitar o desenvolvimento das culturas e, conseqüentemente, diminuir a eficiência da produção. Desta forma, determinar a quantidade correta de água e nitrogênio para o bom desenvolvimento das culturas agrícolas é fator preponderante para o êxito da agricultura (Barros et al., 2002; Silva et al., 2008). Tal como a falta, o excesso desses fatores de produção pode refletir na depreciação da cultura. Com isto, para se obter a maximização do rendimento agrícola fazem-se necessários trabalhos utilizando-se a interação dos fatores de produção mencionados acima. Através várias pesquisas vem-se certificando da interação entre adubação nitrogenada e a disponibilidade hídrica no aumento da eficiência de produção das culturas. Como Silva et al. (2008), para a cultura da alface americana e Barros et al. (2002) para a cultura do melão. Para Lopes (1989), quando o rendimento de uma cultura aumenta com a adubação, a eficiência do uso da água pela cultura também aumenta. Os autores também verificaram ainda, que assim como a falta de água e de nitrogênio é prejudicial, seu excesso destes também influencia negativamente o desenvolvimento da cultura.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Localização do experimento**

O experimento foi realizado em campo, no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB - Campus II, localizado no Sítio Imbaúba, município de Lagoa Seca - PB. Microrregião de Campina Grande, Agreste Paraibano, cuja altitude média é de 634 m.

### **4.2. Clima**

O clima da área, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical úmido) com estação seca transladada do inverno para o outono, com temperatura variando entre 22 a 26°C durante o ano. As precipitações pluviiais atingem uma média anual de 990 mm.

### **4.3. Solo**

O material originário pertence ao Período do Pré-Cambriano (CD), é representado, na sua maioria, por gnaisses e migmatitos. Essas rochas metamórficas são mais disseminadas no estado ocorrendo associadas com micaxistos e granitos. O relevo predominante é suave ondulado. O solo predominante na área de estudo é o NEOSSOLO REGOLITICO EUTROFICO.

#### **4.3.1 Características físico-hídricas do solo no intervalo de 0 – 20 cm de profundidade da superfície**

Tem-se, no Quadro 1, as características físico-hídricas do solo da área, na profundidade de 0 a 20 cm, a partir da superfície do solo. Foram utilizadas amostras compostas e a metodologia utilizada foi a recomendada pela EMBRAPA (1977).

**Quadro 1** – Características físico-hídricas do solo, Lagoa Seca-PB, 2012

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	113,9
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	114,5
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	771,6
Classificação Textural*	Franco-arenoso
Densidade	1,3400
Densidade das partículas	2,6500
Porosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,4943
Capacidade de Campo (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,1942
Ponto de Murcha Permanente (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,0896
Água disponível (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,1046

\* Classificação segundo normas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)

#### 4.3.2. Características químicas do solo

Para determinar as características químicas do solo utilizaram-se as amostras compostas na profundidade de 0 a 20 cm, a partir da superfície do solo; após coletado foram conduzidas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG (LIS), para análises utilizando-se a metodologia proposta pela EMBRAPA (1977) (Quadro 2).

**Quadro 2** – Características químicas do solo, Lagoa Seca – PB, 2012

<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	3,07
Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,44
Sódio (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	0,03
Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,16
Soma de Bases	5,71
Hidrogênio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,50
Alumínio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,13
CTC (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	7,34
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	2,90
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	4,93
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	0,29
Fósforo Assimilável (mg dm <sup>-3</sup> )	54,03
pH em água (1:2,5)	6,55
Condutividade Elétrica (mmhos cm <sup>-1</sup> )	0,12
<b>Extrato de saturação</b>	
pH	6,26
Condutividade Elétrica (mmhos cm <sup>-1</sup> )	0,45
Cloreto (mmol <sub>c</sub> . l <sup>-1</sup> )	27,50
Carbonato (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	18,00
Sulfatos (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	Ausência
Cálcio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	7,07
Magnésio (mmol <sub>c</sub> . l <sup>-1</sup> )	16,67
Potássio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	4,07
Sódio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	17,30
Porcentagem de Saturação	22,66
Relação de Adsorção de sódio	1,63
Porcentagem de Sódio Trocável	0,41
Classificação de Salinidade	Não Salino
Classe de Solo	Normal

#### 4.4. Irrigação

A área experimental foi irrigada através de um sistema localizado por gotejamento, composto por um conjunto eletrobomba de 5 CV, manômetro, injetor de fertilizante e filtro de disco, que conduziu a água pressurizada aos blocos e seus respectivos tratamentos, controlada através de válvulas de passagem, disponibilizando água às plantas por meio da fita gotejadora. As irrigações foram realizadas de acordo com os tratamentos pré-estabelecidos para o manejo da água cujo volume foi calculado em função da Evapotranspiração da Cultura, e do estágio

de desenvolvimento, obtida a partir dos dados de ETo, determinada pela equação Penman-Montheith, com os dados coletados na estação meteorológica automática da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária – EMEPA, no município de Lagoa Seca – PB, distante 500 m da área experimental, obtido através de medições diárias.

#### 4.4.1 Qualidade da água de irrigação

A fonte de água para irrigação foi o açude existente no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da UEPB, uma amostra foi coletada e enviada ao Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS da UFCG para ser analisada quimicamente, de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1977) como demonstrado no Quadro 3.

**Quadro 3** - Características da água de irrigação, Lagoa Seca – PB, 2012.

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
pH	7,32
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	880
Cálcio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	1,71
Magnésio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	2,29
Sódio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	4,30
Potássio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	0,58
Carbonatos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	0,00
Bicarbonatos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	3,38
Cloretos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	4,90
Sulfatos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	0,00
Relação de adsorção de Sódio (RAS)	3,05
Classe	C3

#### 4.5. Instalação e condução do experimento

O solo foi arado e gradeado, posteriormente adubado de acordo com as recomendações do sistema de produção para o Girassol da EMBRAPA. Antes do plantio o solo foi irrigado elevando o conteúdo de água até a capacidade de campo, de forma a promover a germinação das sementes. O experimento foi conduzido utilizando-se o híbrido Hélio 360 em dois

cultivos em condições de campo. A semeadura foi realizada manualmente colocando-se três sementes por cova e o desbaste realizado 10 dias após a semeadura (DAS). O primeiro cultivo foi realizado em janeiro de 2012 e a colheita em abril de 2012; o segundo em outubro de 2012 e a colheita janeiro de 2013. Utilizou-se o super simples como fonte de fósforo, uma dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , em fundação. Na ureia, fonte de nitrogênio, foi utilizada cinco doses com intervalo de 10 dias entre as aplicações. No cloreto de potássio com uma dose  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , foram utilizadas quatro doses com intervalo de 10 dias entre as aplicações. O ácido bórico com a dose de  $4 \text{ kg ha}^{-1}$ . O plantio foi realizado seguindo as fitas gotejadoras na profundidade da semeadura de 1,0 cm.

Aos 20 DAS foi realizada a primeira coleta de dados para determinação do desempenho de crescimento e desenvolvimento das plantas de girassol, procedendo-se, assim, aos 40, 60 e 80 dias, ao fim dos 100 dias procedeu-se à coleta final, determinando a produção.

#### 4.6. Delineamento experimental estatístico

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 5x4, disposto em bloco casualizado em que o primeiro fator corresponde à lâmina de irrigação e o segundo às doses de nitrogênio, perfazendo o total de 20 tratamentos, que foram distribuídos de forma uniforme e aleatória, em três blocos, totalizando 60 parcelas distribuídas em uma área total 1.600 m<sup>2</sup>.

As lâminas de irrigação aplicadas ao híbrido de girassol Hélio 360 neste ensaio foram determinadas através da evapotranspiração da cultura e seu estágio de desenvolvimento, assim identificadas:

- Lâmina 1 (L1): 40 % da Evapotranspiração da cultura;
- Lâmina 2 (L2): 55 % da Evapotranspiração da cultura;
- Lâmina 3 (L3): 70 % da Evapotranspiração da cultura;
- Lâmina 4 (L4): 85 % da Evapotranspiração da cultura;
- Lâmina 5 (L5): 100 % da Evapotranspiração da cultura.

As doses de nitrogênio aplicadas neste ensaio foram:

- Dose 1 (D1); 25 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio;
- Dose 2 (D2); 50 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio;
- Dose 3 (D3); 75 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio;
- Dose 4 (D4); 100 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio.

O cálculo das lâminas de água a serem aplicadas às plantas submetidas aos diferentes tratamentos, foi baseado na equação a seguir (ALLEN et al., 1998):

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Onde:

ET<sub>c</sub> = evapotranspiração da cultura (mmdia<sup>-1</sup>);

K<sub>c</sub> = coeficiente de cultivo de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura (adimensional);

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração potencial determinada por Penman Montheith (mmdia<sup>-1</sup>).

De acordo com a FAO (2002), foram utilizados Kc máximo para cada estágio de desenvolvimento: estágio inicial - 20 a 25 dias - ( $Kc = 0,4$ ); ) estágio vegetativo - 35 a 40 dias - ( $Kc = 0,8$ ); florescimento - 40 a 50 dias - ( $Kc = 1,2$ ); enchimento de grãos - 25 a 30 dias – ( $Kc = 0,8$ ) e maturação fisiológica ( $Kc = 0,4$ ).

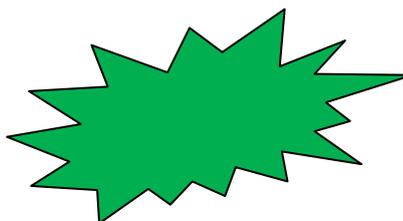
Cada parcela experimental foi constituída por uma área útil de  $20,0 \text{ m}^2$ , na qual foram cultivadas 66 plantas espaçadas em  $1,0 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$ . Os dados foram coletados e analisados estatisticamente utilizando-se o programa estatístico SISVAR – ESAL - Lavras – MG, através do qual foi feita a análise de variância (ANAVA) aplicando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos qualitativos e análise de regressão para o fator quantitativo (FERREIRA, 2000). A Figura 1 apresenta croqui da área experimental, com disposição e medida das parcelas.



Legenda:

AD – N
P1

AD – água disponível (%);  
 N – dose de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ )  
 T1 – Tratamento Experimental  
 B1 - Bloco



**Figura 1** – Croqui do Experimento com os 03 (três) Blocos.

## 4.7. Variáveis analisadas

### 4.7.1. Altura caulinar da planta

A altura caulinar das plantas (AP) foi determinada através de uma trena graduada em cm medindo-se a partir do colo da planta até a inserção da última folha, nos períodos de 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS).

### 4.7.2. Diâmetro do caule

A medição do diâmetro do caule (DC) foi realizada através de um paquímetro graduado em milímetro cujas leituras foram efetuadas na região do colo de cada planta, nos mesmos períodos estabelecidos para a mensuração da altura das plantas (AP).

### 4.7.3. Diâmetro do capítulo

O diâmetro do capítulo (DCap) foi determinado aos 60 e 80 dias após semeadura utilizando-se uma trena graduada em centímetro para medição.

### 4.7.4. Área foliar

A determinação da área foliar (AF) foi realizada através de medições da nervura central das folhas e de uma trena graduada em centímetros, cujas leituras foram efetuadas nos mesmos períodos estabelecidos para a mensuração da altura das plantas (AP). Utilizou-se a equação (MALVANER, et al, 2009):

$$AF = \sum_{i=1}^n (0,1328 * C^{2,5569})$$

Onde:

AF = Área foliar total (cm<sup>2</sup>)

C = Comprimento da nervura central (cm)

#### **4.7.5. Massa vegetal**

Na matéria verde da epígea (parte aérea) coletada durante as biometrias, das fileiras centrais da parcela, coletou-se uma planta por tratamento, obtida nas mesmas épocas da determinação da altura caulinar das plantas, que foi secada em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 60 +/- 1 °C até atingir peso constante, cujas matérias secas foram posteriormente pesadas em balança de precisão de 0,01 g.

#### **4.7.6. Lâmina de irrigação aplicada**

Computadas diariamente as quantidades de água em volume aplicado às plantas dos respectivos tratamentos foram obtidas em função da evapotranspiração da cultura (Penman Montheith) e processadas a partir de uma planilha eletrônica (Excel) na qual se obteve o volume de água necessário para manutenção dos níveis pré-estabelecidos nos respectivos tratamentos, formando-se um banco de dados dos quantitativos de água repostos diariamente até o final do ciclo da cultura, bem como o consumo cumulativo para todo o período.

#### **4.7.7. Massa média de aquênios por planta**

A massa média de aquênios por planta (RGP) em g planta<sup>-1</sup>, obtida utilizando-se a média de cinco capítulos de cada parcela útil, corrigidos para 11% de umidade.

#### **4.7.8. Massa de 1000 grãos**

Peso de 1000 grãos (PG) em g, obtido pela razão entre o peso do total de grãos de cada um dos cinco capítulos de cada tratamento pelo número total de grãos, posteriormente corrigido para 1000 grãos.

#### **4.7.9. Produtividade**

Produtividade de grãos por hectare (kg ha<sup>-1</sup>) foi realizada dividindo-se a produção de cada

tratamento por unidade de área (ha) corrigidos para 11% de umidade.

#### **4.7.10. Teor de óleo nas sementes**

O teor de óleo nas sementes foi determinado através da técnica de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) utilizando-se um espectrômetro da marca Oxford 4000 de onda contínua para análise quantitativa, com base na emissão de corrente de rádio frequencial de 250 mA, para um volume de amostra de 40 cm<sup>3</sup> e tempo de integração de 20 segundos, de acordo com a metodologia proposta pela Oxford Instruments (1995).

As determinações do teor de óleo foram realizadas no Laboratório da EMBRAPA – CNPA, em Campina Grande - PB.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. PRIMEIRO EXPERIMENTO

#### 5.1.1. Altura caular da planta

Os resultados das análises de variância (ANAVA) dos dados a níveis de 1% e 5% referentes à altura caular da planta são apresentados na Tabela 1. Verifica-se diferença significativa a nível de 1% entre tratamentos referentes às diferentes lâminas de irrigação aplicadas para as plantas de girassol; resalta-se que no tratamento cujo nível de reposição de água no solo foi mantido a nível de 100% da ETc, obtiveram-se as maiores alturas caular.

**Tabela 1-** Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, Lagoa Seca - PB, 2012

Fonte de variação		Quadrado médio			
GL		AP 20 DAS	AP 40 DAS	AP 60 DAS	AP 80 DAS
Lâmina (L)	4	1,15 <sup>ns</sup>	76,70*	547,58**	2006,22**
Nitrogênio (N)	3	13,76**	232,57**	288,77**	809,66*
Interação (LxN)	12	2,79 <sup>ns</sup>	27,66 <sup>ns</sup>	121,32 <sup>ns</sup>	308,75 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,95 <sup>ns</sup>	33,82 <sup>ns</sup>	219,80 <sup>ns</sup>	237,51 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	2,56	26,77	65,13	247,13
CV %		23,26	16,32	6,94	11,45
<b>Lâmina</b>					
Reg. Pol. Linear		1,82 <sup>ns</sup>	260,19*	2116,80**	7394,70**
Reg. Pol. Quadrática		0,01 <sup>ns</sup>	41,70 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	64,38 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,45 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	70,53 <sup>ns</sup>	138,67 <sup>ns</sup>
Desvio		2,30	4,90	2,97	427,14
Resíduo		2,56	26,77	65,13	247,13
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		32,80*	373,86**	696,16**	1327,20*
Reg. Pol. Quadrática		7,77*	49,86 <sup>ns</sup>	7,35 <sup>ns</sup>	1100,81*
Reg. Pol. Cúbica		0,71 <sup>ns</sup>	273,98 <sup>ns</sup>	162,80 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		2,56	26,77	65,13	247,13

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

No tocante aos diferentes níveis de adubação nitrogenada e conforme a Tabela 1, constatou-se influência significativa a nível de significância de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção dos dados colhidos aos 80 DAS, que apresentaram diferença significativa a nível de 5% ( $p < 0,05$ ) sobre a altura das plantas do híbrido de girassol Hélio 360.

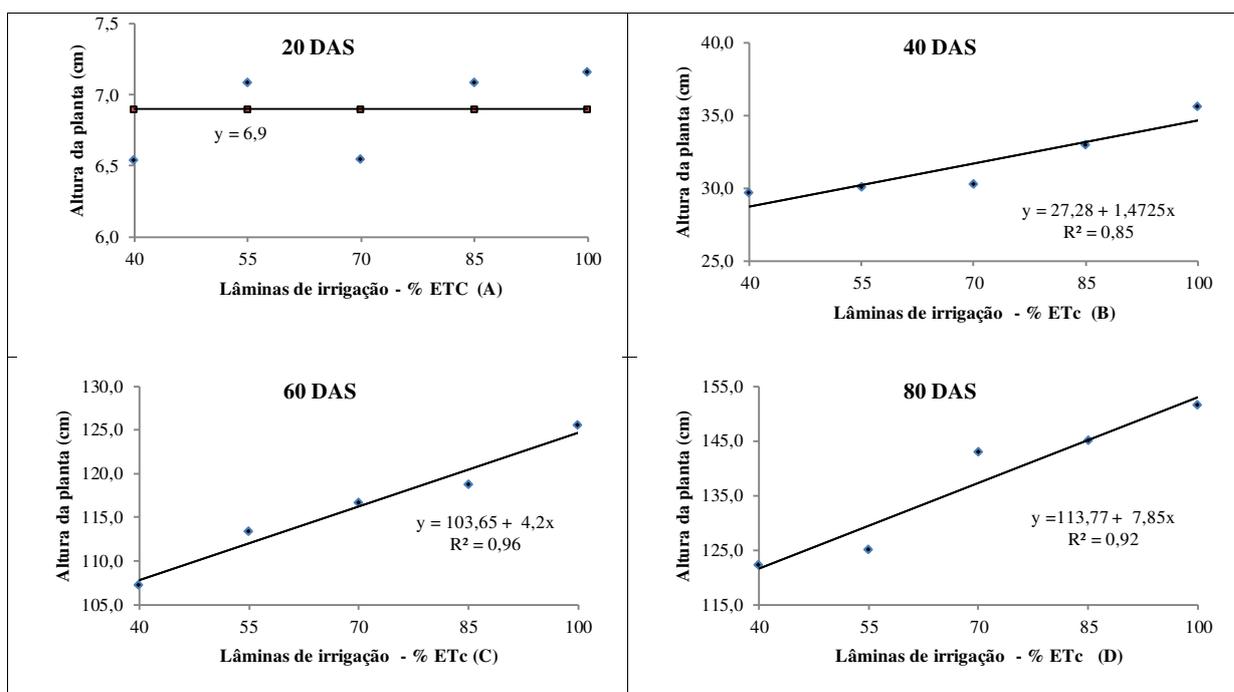
A altura caulinar média das plantas conduzidas sem estresse hídrico (100 % ETc) no último período de avaliação do experimento (80 DAS) foi de 151,4 cm e de 145,1; 142,8; 125,1 e 122,2 cm, para os níveis de reposição de água de 85, 70, 55 e 40 % ETc, respectivamente.

O incremento significativo da altura das plantas em função do aumento da lâmina de irrigação corrobora com Silva et al. (2007) que também observaram, avaliando o girassol sob diferentes níveis de irrigação (testemunha; 117,20; 350,84; 428,70 e 522,14 mm) efeito significativo do aumento da disponibilidade hídrica sobre a altura da planta, sendo 522,14 mm a lâmina que proporcionou maior altura, ou seja, 1,51 m. Freitas (2011) constatou analisando dois tipos de água (poço e de reuso tratada) um crescimento maior na altura da planta com o favorecimento hídrico semelhante para o tipo de água utilizada, sendo o modelo linear o que mais se ajustou aos dados, com efeito significativo ( $p < 0,05$ ) e coeficientes de determinação de (0,8291) e (0,7024) para água de poço e esgoto, respectivamente; este aumento linear também foi observado por Silva et al. (2007) em razão, provavelmente, da tentativa da cultura em atingir sua altura potencial já que nesses trabalhos o porte da planta ficou abaixo do sugerido pela literatura.

Quanto à resposta da cultura aos diferentes níveis de adubação nitrogenada, verificam-se variações de altura aos 80 DAS de 118,8 cm a 130,7 cm, para os níveis de 25 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

As análises de regressão para os diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, apresentadas na Figura 2, permitem constatar tendência de crescimento linear na altura caulinar das plantas, em todas as épocas estudadas. Nota-se que o aumento, além de linear em todas as épocas de coleta dos dados, também evoluiu de forma crescente com o avanço do ciclo, variando de 0,12 a 7,85 cm na altura da planta para o aumento de cada 10 % do percentual da reposição de água da evapotranspiração da cultura entre os 20 e 80 DAS. Com referência aos tratamentos referentes aos diferentes doses de nitrogênio verifica-se através da Figura 3, que houve aumento até os 60 DAS, aos 80 DAS o comportamento do girassol em respostas às diferentes doses de nitrogênio no solo foi quadrático decrescente cuja altura caulinar máxima foi obtida com a dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

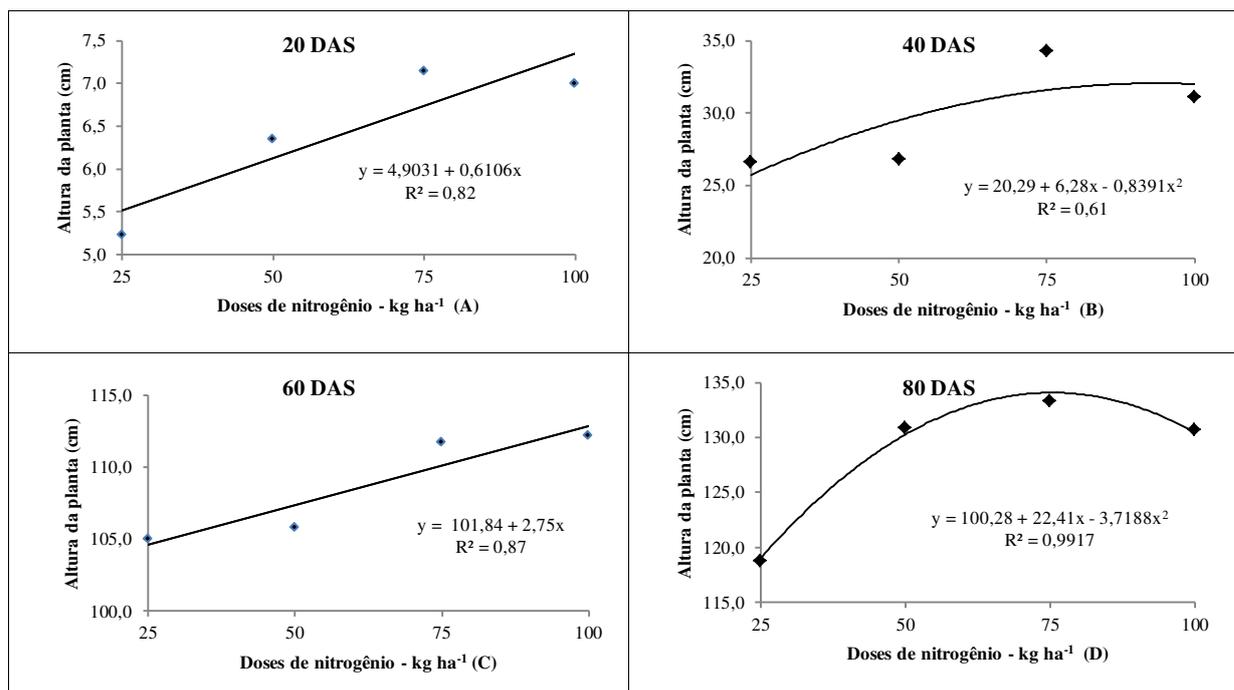
Para Larcher (2000) paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia e de materiais destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas visando à formação e ao enchimento dos frutos.



**Figura 2** – Altura caulinar da planta(cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETC) (A – 40 DAS; B – 60 DAS; C – 80 DAS).

Os resultados encontrados nesta pesquisa corroboram com Biscaro et al. (2008), que também avaliaram a altura das plantas do girassol nas doses de 0, 20, 40 e 80 kg de N ha<sup>-1</sup> e observaram diferenças significativas na altura de plantas em função das doses de nitrogênio. IVANOFF (2009) conclui que não há necessidade de se parcelar o adubo nitrogenado em mais de duas vezes; a recomendação mais comum para a aplicação de N é parcelar a dose e fornecer o nutriente o mais próximo possível do estágio de desenvolvimento de que a planta carece ou possa utilizá-la.

Esses resultados podem ser explicados levando-se em conta que a deficiência hídrica acarretou, sem dúvida, reduções no potencial da água das células componentes do caule até o alcance de um nível de potencial hídrico inferior ao mínimo necessário para o desencadeamento do processo de alongamento celular dos entrenós acarretando, dentre as consequências, menor altura das plantas (NEZAMI et al., 2008).



**Figura 3-** Altura caulinar (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)

Segundo Zagonel & Mundstock (1991), a altura caulinar de planta é reflexo das condições nutricionais no período de alongamento do caule, verificando-se, para a cultivar Contisol 711 que a época de aplicação foi mais importante para o alongamento do caule do que a quantidade de nitrogênio aplicado.

### 5.1.2. Diâmetro do caule

Com relação ao diâmetro do caule encontra-se, na Tabela 2, o resumo das análises estatísticas de variância (ANAVA). Observa-se, com relação aos diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, que ocorreram diferenças significativas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 40 aos 80 DAS. Os tratamentos mantidos a nível máximo de reposição de água 100% ETc aos 80 DAS, apresentaram diâmetro médio do caule de 30,6 mm e 23,0 mm para o nível de 40% da ETc. Referente aos diferentes níveis de adubação nitrogenada verifica-se que houve influência significativa a nível de 5% ( $p < 0,05$ ) aos 20 DAS e de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 40 aos 80 DAS e diâmetros médios aos 80 DAS variaram de 22,8 mm a 27,7 mm para as doses de adubação de 25 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

As análises das regressão também apresentadas na Tabela 2 e seus respectivos gráficos (Figuras 4 e 5) permitem constatar a tendência de crescimento linear no diâmetro do caule das plantas, com exceção aos 40 DAS para as diferentes doses nitrogenadas dentre os quais a cultura apresentou maior diâmetro caulinar para a dose de 75 kg ha<sup>-1</sup>. Observa-se que o aumento no diâmetro do caule também evolui de forma crescente, ao longo do ciclo da cultura, variando de 0,05 a 2,07 mm por aumento unitário do nível de reposição de água em função da ETc. Com relação à resposta da cultura, as diferentes doses de nitrogênio foram aplicadas observando-se, através da Figura 5 tendência de crescimento linear no diâmetro do caule das plantas em todas as épocas avaliadas, com aumento variando de 0,11 a 1,90 mm para cada aumento unitário da dose de nitrogênio aplicada ao solo.

**Tabela 2-** Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

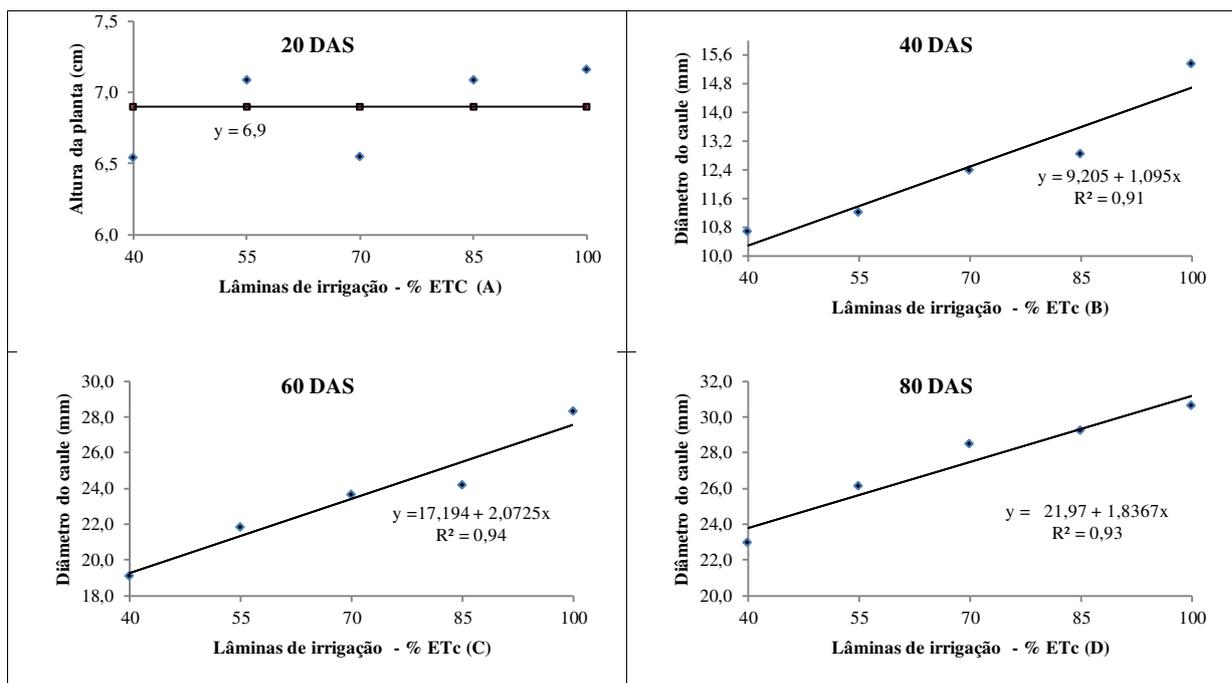
Fonte de variação		Quadrado médio			
GL	DC 20 DAS	DC 40 DAS	DC 60 DAS	DC 80 DAS	
Lâmina (L)	4	0,10 <sup>ns</sup>	39,52 <sup>**</sup>	136,50 <sup>**</sup>	107,85 <sup>**</sup>
Nitrogênio (N)	3	0,96 <sup>*</sup>	12,66 <sup>**</sup>	37,16 <sup>**</sup>	123,73 <sup>**</sup>
Interação (LxN)	12	0,40 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	9,04 <sup>ns</sup>	8,89 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,93 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	1,65 <sup>ns</sup>	8,55 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	0,29	1,66	3,13	5,53
CV %		14,74	10,32	7,56	8,56
<b>Lâmina</b>					
Reg. Pol. Linear		0,31 <sup>ns</sup>	143,88 <sup>**</sup>	515,43 <sup>**</sup>	404,80 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quadrática		0,00 <sup>ns</sup>	9,05 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>	22,73 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,06 <sup>ns</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	23,94 <sup>ns</sup>	2,32 <sup>ns</sup>
Desvio		0,05	2,84	4,75	1,56
Resíduo		0,29	1,66	3,13	5,53
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		1,16 <sup>ns</sup>	27,24 <sup>**</sup>	86,94 <sup>**</sup>	303,61 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quadrática		0,50 <sup>ns</sup>	7,92 <sup>*</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	16,01 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		1,21 <sup>ns</sup>	2,84 <sup>ns</sup>	23,80 <sup>ns</sup>	51,58 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		0,29	1,66	3,13	5,53

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

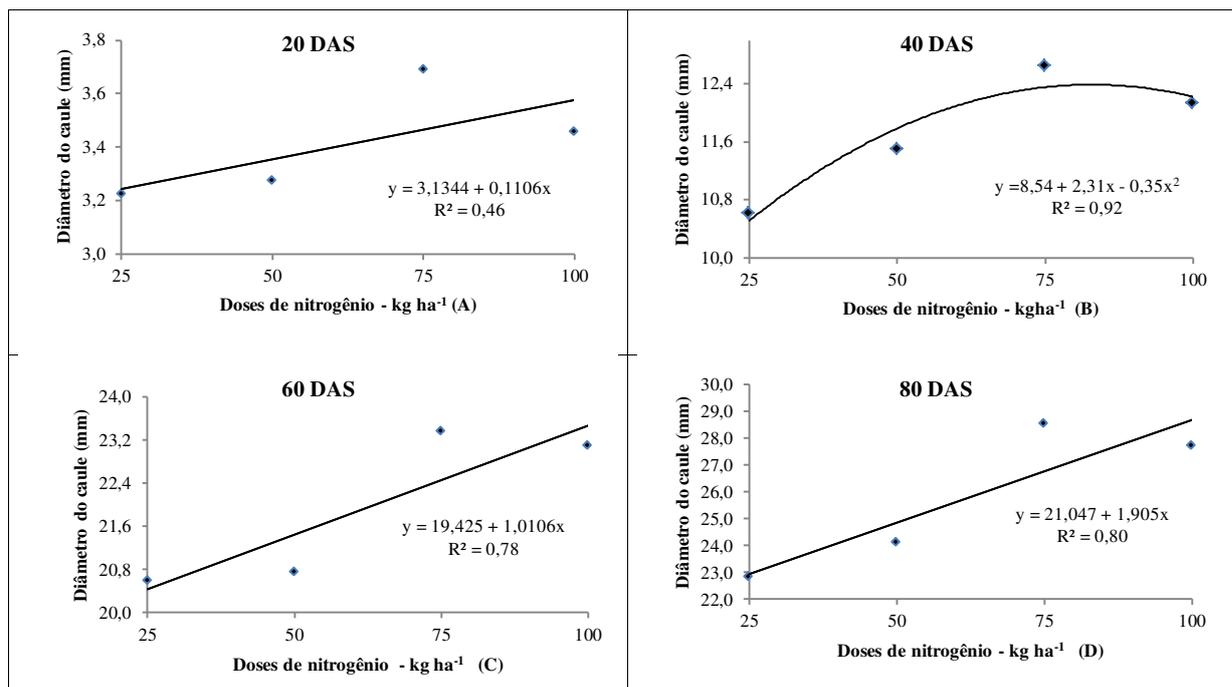
Segundo LEITE et al. (2005), ao final do ciclo os girassóis devem apresentar, para serem fortes e resistentes ao acamamento, dentre suas características morfológicas, elevados diâmetros de caule a fim de sustentar a produção de capítulos com grande número de aquênios, resultados esses condizentes com as informações dos referidos autores ao salientarem que os caules das cultivares de girassóis atualmente disponíveis atingem em média de 10 a 80 mm de diâmetro, sendo que os valores encontrados nesta pesquisa se situam neste intervalo.

NEZAMI et al. (2008) relatam que, em condições de campo, um dos efeitos da redução na disponibilidade hídrica sob a morfologia do girassol é a redução do diâmetro do caule em função do menor crescimento do raio do caule, condições em que o crescimento da haste principal e dos ramos laterais é suprimido e, por conseguinte, é encerrada uma partição

menor de matéria seca no caule. Conforme Taiz & Zeiger (2009), é provável que o crescimento do caule seja influenciado pelos mesmos princípios que governam a restrição do crescimento das folhas, diante do déficit hídrico. Para Biscaro et al. (2008), elevados diâmetros do caule no girassol constituem uma característica considerada desejável em virtude de conferir, à cultura, menor vulnerabilidade ao acamamento e por favorecer a execução de práticas de manejo e tratos culturais.



**Figura 4-** Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 40 DAS; B – 60 DAS; C – 80 DAS)



**Figura 5-** Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)

Biscarro et al. (2008), observaram, avaliando o girassol cultivar H 358 da Dekalb, sob quatro doses nitrogenadas (0, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>), efeito significativo das doses nitrogenadas sobre o diâmetro do caule. Ainda segundo esses autores, o diâmetro máximo, 18,4 mm, foi obtido com 47,8 kg de N ha<sup>-1</sup>, sendo este inferior aos observados no presente trabalho, de 27,7 e 22,8 mm para 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e 25 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esta diferença pode estar associada às particularidades genéticas fenotípicas inerentes à cultivar. Reforçando esta inferência, Smiderle et al. (2005) verificaram, avaliando cultivares de girassol na savana do estado de Roraima, diferença significativa entre os diâmetros dos caules das cultivares.

### 5.1.3. Área foliar

Constata-se, através das análises de variância (ANAVA) Tabela 3, que a área foliar do híbrido de girassol Hélio 360 teve influência significativa a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) durante o ciclo da cultura para a irrigação em função da evapotranspiração da cultura ETc e para as diferentes doses de nitrogênio aplicadas e apresentou interação significativa entre os fatores estudados.

**Tabela 3-** Resumo das análises de variância referente as análises à variável área foliar, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

Fonte de variação		Quadrado médio			
GL		AF 20 DAS	AF 40 DAS	AF 60 DAS	AF 80 DAS
Lâmina (L)	4	2096,55**	443204,55**	11929281,14**	29899932,13**
Nitrogênio (N)	3	4939,64**	988448,95**	11291733,96**	24088471,73**
Interação (LxN)	12	999,12**	200483,03**	1852717,64**	4822551,77**
Blocos	2	332,93 <sup>ns</sup>	138177,15 <sup>ns</sup>	97862,64 <sup>ns</sup>	2208127,86 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	231,13	74193,41	497652,17	787948,29
CV %		14,26	19,10	11,81	12,00
<b>Lâmina</b>					
Reg. Pol. Linear		7560,46**	1584677,85**	46548196,59*	116490048,53**
Reg. Pol. Quadrática		541,08 <sup>ns</sup>	25031,96 <sup>ns</sup>	1104533,38 <sup>ns</sup>	762536,77 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		229,63 <sup>ns</sup>	69225,64 <sup>ns</sup>	10684,19 <sup>ns</sup>	1862645,41 <sup>ns</sup>
Desvio		55,02	93882,74	53710,41	484497,82
Resíduo		231,13	74193,41	497652,17	787948,29
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		12293,12**	1456869,45**	30572657,10**	68357188,30**
Reg. Pol. Quadrática		370,01 <sup>ns</sup>	368260,67**	278597,20 <sup>ns</sup>	3908030,73**
Reg. Pol. Cúbica		2155,79 <sup>ns</sup>	1140216,75**	3023947,60 <sup>ns</sup>	196,18 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		231,13	74193,41	497652,17	787948,29

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

Na Tabela 4 são apresentados os resultados das análises de desdobramento para os fatores lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, verificando-se efeito significativo para o

desdobramento de todas as doses de nitrogênio para cada lâmina de irrigação, e efeito significativo para todas as lâminas de irrigação em função das doses de nitrogênio.

**Tabela 4-** Resumo dos desdobramentos para as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio referente à variável área foliar, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360.

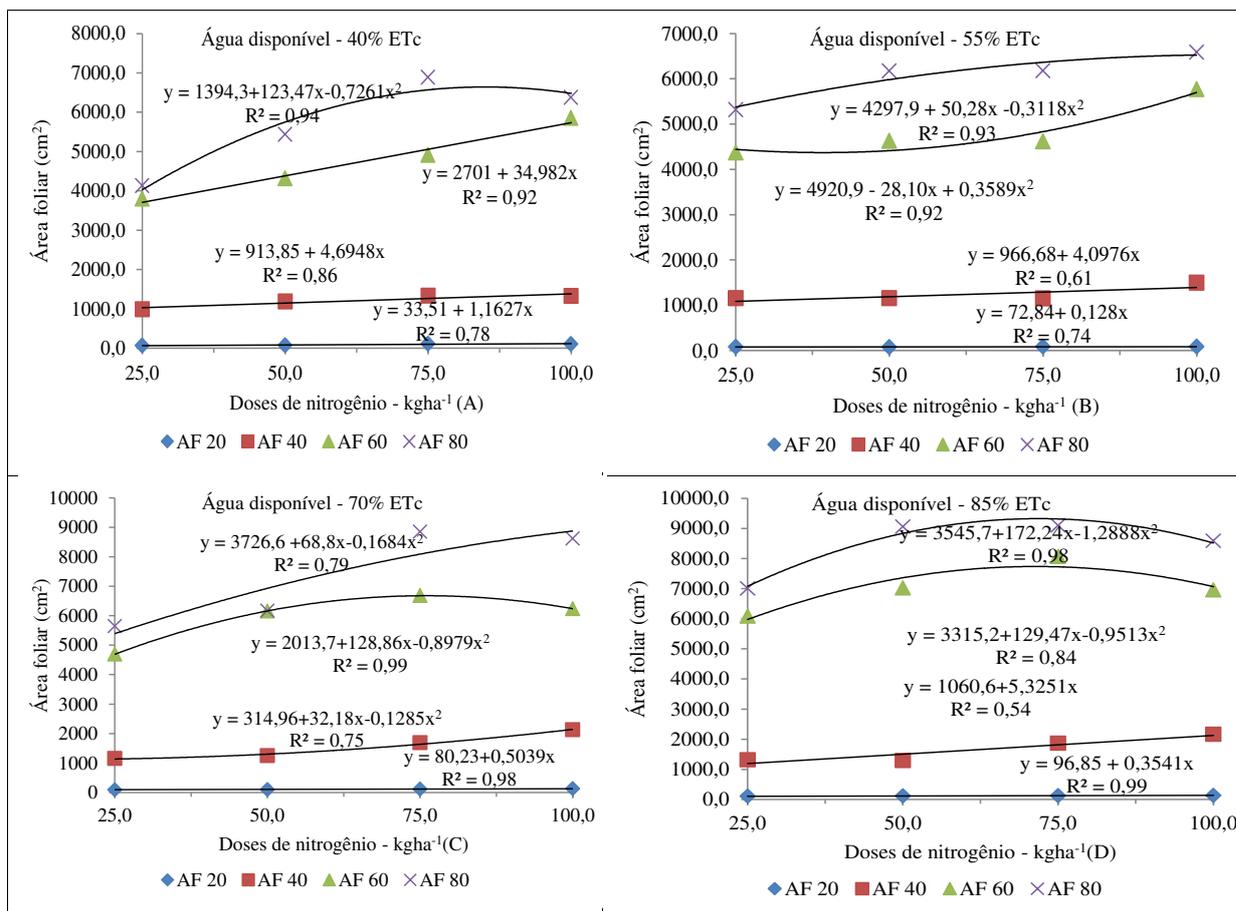
Quadrado médio				
Fonte de variação	20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS
Lâmina d. N1	605,47*	75627,89**	3602813,35*	4913771,74**
Lâmina d. N2	1188,95**	67931,7**	2205836,28**	14180418,06**
Lâmina d. N3	892,42**	465249,83*	5065224,07*	5056540,42**
Lâmina d. N4	2407,06**	435843,94*	6613560,36*	20216857,23**
Quadrado médio				
Nitrogênio d. L1	4387,86**	79329,64*	4162208,84**	4389666,80**
Nitrogênio d. L2	2180,93**	117228,78*	2189271,82**	3250333,48*
Nitrogênio d. L3	808,32*	1054203,62**	2129691,49**	7239190,38**
Nitrogênio d. L4	500,02*	123744,77*	3457830,00**	9471433,82**
Nitrogênio d. L5	1058,96**	415874,26**	6763602,38**	19028054,34**

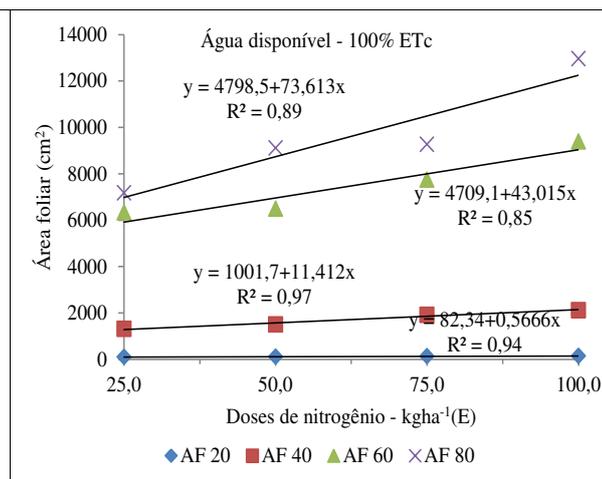
Em condições de estresse hídrico a maioria dos vegetais busca alternativas para diminuir o consumo de água reduzindo principalmente a transpiração e dentro das adaptações mais conhecidas tem-se a redução da área foliar através da diminuição da quantidade de folhas (FAGERIA, 1989). Para Benincasa (1988), o declínio da área foliar também pode, à medida em que as plantas se desenvolvem, ser decorrente da interferência das folhas superiores sobre as inferiores (autosombreamento), o que provocaria diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura. Para TAIZ & ZEIGER (1998), os efeitos do déficit hídrico não só limitam o tamanho das folhas individuais (expansão celular) mas também o número de folhas visto que diminuem a taxa de crescimento dos ramos.

O déficit hídrico aumenta a senescência das folhas (WRIGHT et al., 1983), uma vez que sua ocorrência é devido ao solo seco que não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade

da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio dos pontos de crescimento (WOLFE et al., 1988).

Na Figura 6 são apresentadas as regressões para a área foliar do híbrido de girassol Hélio 360; verifica-se que aos 20 e 40 DAS o comportamento crescente da expansão da área foliar que sempre as doses de nitrogênio se elevaram para cada lâmina de irrigação. Aos 60 DAS houve efeito crescente à medida em que as doses de nitrogênio foram elevadas para as diferentes lâminas de irrigação, com exceção das lâminas de 70 e 85 % ETC que apresentaram comportamento quadrático decrescente sempre que as disponibilidades de nitrogênio no solo também se elevaram. Para os 80 DAS verifica-se comportamento linear crescente para 70 e 100 % ETC, as lâminas de 40, 55 e 85 apresentaram comportamento quadrático decrescente enquanto as doses de nitrogênio no solo eram elevadas.

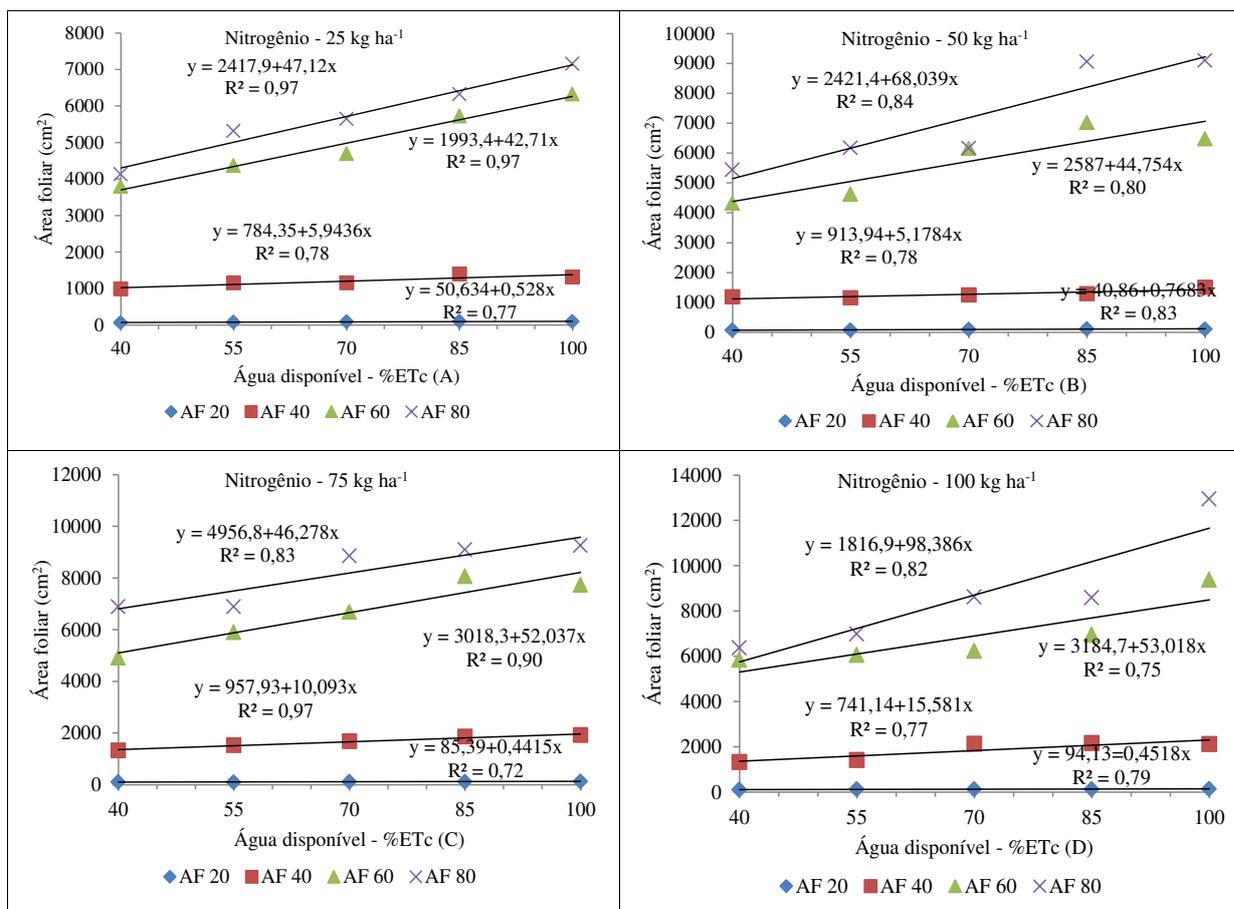




**Figura 6**– Área foliar (cm<sup>2</sup>) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de adubação nitrogenada para cada lâmina de irrigação (% ETc), (A – 40 % ETc); (B – 55 % ETc); (C – 70 % ETc); (D – 85 % ETc); (E – 100 % ETc)

Verifica-se, aos 80 DAS, que o tratamento submetido a 100 % da ETc e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio apresentou 12.952,3 cm<sup>2</sup> de área foliar enquanto que a menor lâmina aplicada obteve apenas 6.374,2 cm<sup>2</sup>, significando um incremento de 103,2% a mais na área foliar, dado este importante sobre o aparato fisiológico responsável pela produção de fotoassimilados.

Na Figura 7 são apresentadas as regressões para a área foliar do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio; verifica-se aumento linear da área foliar sempre que se elevaram as lâminas de irrigação baseadas na ETc para todas as doses de nitrogênio estudadas. Foram observados, na lâmina de 40 %ETc, valores variando de 4.133 a 6.374 cm<sup>2</sup> nas doses de 25 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente; para a lâmina de 55 % ETc ocorreram valores de 5.314 a 6.587 cm<sup>2</sup>, com relação a 70% ETc verificando-se valores de 5.646 a 8.618 cm<sup>2</sup>; para 85 % ETc foi de 7.006 a 5.588 cm<sup>2</sup> e para 100 % ETc apresentou valores de 7.160 a 12.953,0 cm<sup>2</sup>, para as doses de 25 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.



**Figura 7-** Área foliar (cm<sup>2</sup>) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação para cada dose de adubação nitrogenada (kg ha<sup>-1</sup>), (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação - FAO (2008), a porcentagem total média de água usada nos diferentes períodos de crescimento da cultura do girassol é de aproximadamente 20% durante o período vegetativo de 55% durante o florescimento, restando 25% para o período de enchimento de grãos. Suas necessidades hídricas não estão bem definidas havendo informações desde menos de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo. Usualmente, tem-se admitido uma faixa entre 500 mm e 700 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, que tem resultado em rendimentos próximos ao máximo; sua necessidade hídrica vai aumentando com o desenvolvimento da planta, partindo de valores ao redor de 0,5 a 1 mm/dia durante a fase de semeadura à emergência, atingindo um máximo de 6 a 7 mm/dia na floração e no enchimento de grãos e decrescendo após este período. Geralmente, a fase mais crítica ao déficit hídrico é o período entre 10 a 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final da floração.

Embora as necessidades hídricas do girassol ainda não estejam perfeitamente definidas na maioria dos casos, 400 a 500 mm de água bem distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo da cultura (CASTRO & FARIAS, 2005). O girassol tem capacidade aproximada de 92% de extrair a água disponível da camada de solo compreendida da superfície até dois metros de profundidade (BREMNER et al., 1986) dando-lhe a propriedade de resistir a curtos períodos de estresse hídrico. Possui baixa eficiência no uso da água, sendo que cada litro de água consumido produz menos de dois gramas de matéria seca. Segundo Gómez-Arnau (1988), o girassol tem comportamento aparentemente contraditório quanto à baixa eficiência no uso da água. Esta baixa eficiência melhora muito em condições de estresse hídrico já que sua eficiência relativa pode aumentar de 20 a 50%, porque sua fotossíntese se reduz comparativamente menos que as perdas de água por transpiração, razão por que seu sistema radicular explora camadas muito profundas do solo, não exploradas por outros cultivos; considera-se uma planta que assegura algum rendimento, em condições em que outras espécies cultivadas não produziram nada.

O déficit de irrigação reduziu significativamente a variável morfológica, segundo Leite et al. (2005), na espécie o número de folhas é definido precocemente entre os dez a vinte dias após a emergência fase na qual se procede à diferenciação celular. Dos resultados constatou-se, ainda, que a irrigação deficiente durante todo o ciclo reduziu a área foliar, comparando-se com o tratamento cultivado plenamente sem déficit. Referidos resultados estão condizentes essas com informações. Nazarli et al. (2010) verificaram, mediante a irrigação com 0,75; 0,50 e 0,25% da capacidade de campo, que o déficit hídrico reduziu significativamente o número de folhas por planta no girassol. Segundo os autores, nesta espécie as folhas constituem a principal fonte de produção de fotossintatos essenciais para o enchimento dos aquênios e qualquer incidência de déficit hídrico, independente do período de crescimento, acarreta reduções no desempenho agrônomo em decorrência da redução do próprio número de folhas emitidas, tal como pela perda de turgescência das folhas remanescentes.

### 5.1.4. Diâmetro do capítulo

O resumo das análises estatísticas de variância (ANAVA) para o diâmetro do capítulo, é apresentado na Tabela 5. Observam-se diferenças significativas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) aos 60 e 80 DAS, para os tratamentos submetidos aos diferentes níveis de reposição de água em função da ETc e os submetidos às diferentes doses de adubação nitrogenada. As plantas apresentaram diâmetros médios de 18,9; 22,9; 23,0; 24,4 e 26,0 cm cujos tratamentos foram submetidas a 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc aos 80 DAS, respectivamente.

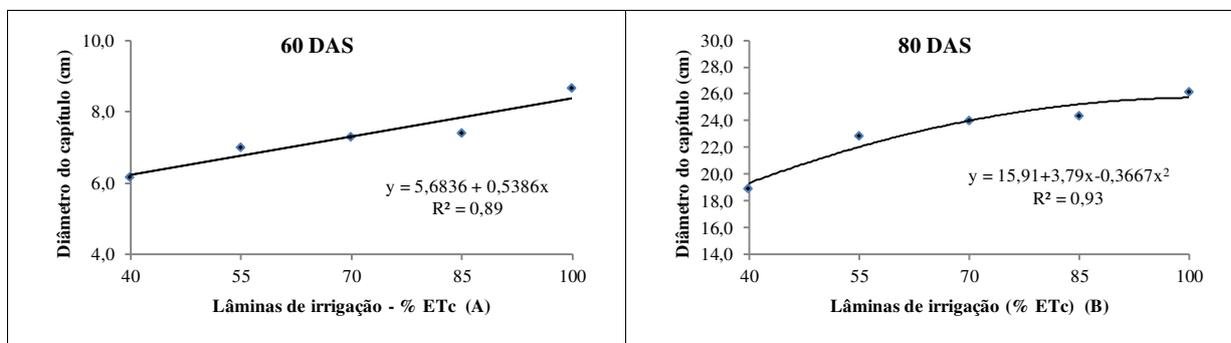
**Tabela 5-** Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do capítulo até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

Fonte de variação		Quadrado médio	
	GL	D. capítulo 60 DAS	D. capítulo 80 DAS
Lâmina (L)	4	9,75**	87,32**
Nitrogênio(N)	3	13,46**	96,35**
Interação (LxN)	12	1,57 <sup>ns</sup>	6,99 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,41 <sup>ns</sup>	13,23 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	0,77	4,68
CV %		12,03	9,31
<b>Lâmina</b>			
Reg. Pol. Linear		34,78**	305,28**
Reg. Pol. Quadrática		0,31 <sup>ns</sup>	22,58*
Reg. Pol. Cúbica		3,78*	21,42 <sup>ns</sup>
Desvio		0,15	0,00
Resíduo		0,77	4,68
<b>Nitrogênio</b>			
Reg. Pol. Linear		35,85**	280,14**
Reg. Pol. Quadrática		1,32 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		3,22 <sup>ns</sup>	8,90 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00
Resíduo		0,77	4,68

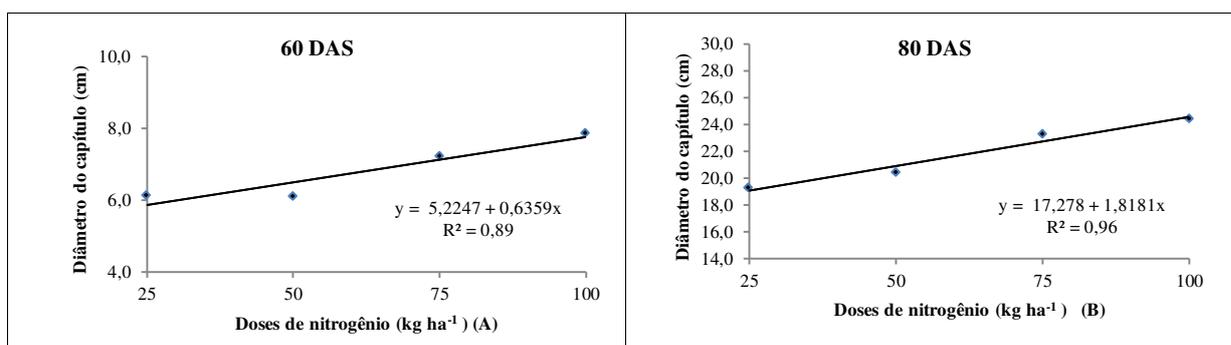
GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

As análises de regressão são apresentadas na Tabela 5; seus respectivos gráficos (Figuras 8 e 9), permitem constatar tendência de crescimento linear aos 60 DAS e quadrático aos 80 DAS do diâmetro do capítulo. Houve aumento no diâmetro do capítulo de forma

crecente, ao longo aos 60 e 80 DAS; para as diferentes doses de nitrogênio aplicadas observa-se, através da Figura 8, tendência de crescimento linear cujo aumento variou de 0,63 a 1,81 cm para cada aumento unitário da dose de nitrogênio aplicada ao solo.



**Figura 8**– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 60 DAS e B – 80 DAS)



**Figura 9**– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 60 DAS e B – 80 DAS)

Os diâmetros médios obtidos nesta pesquisa foram superiores aos diâmetros médios do capítulo de 14,62 e 16,05 cm, obtidos por FREITAS, 2011, utilizando água de poço e esgoto, respectivamente, e os observados por Silva et al. (2011), de 18,06 cm para a Catissol. Esta diferença se deve, provavelmente, à variável genética, já que no mesmo trabalho o autor observou diâmetro médio de 16,88 cm para a cultivar EMBRAPA – V2000, denotando diferenças significativas entre as cultivares, o que é condizente com as inferências de Castro & Farias (2005) ao discorrerem que as variações no diâmetro do capítulo são consequência das características intrínsecas a cada genótipo que, por sua vez, são bastante influenciadas pelas condições ambientais e pelo manejo cultural adotado no girassol.

Com relação às diferentes doses de nitrogênio, apresentaram diâmetro do capítulo de 19,3; 20,4; 23,3 e 24,0 cm para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Resultados superiores aos obtidos por Biscarro et al. (2008) quando, trabalhando com

diferentes níveis de nitrogênio com girassol irrigado por gotejamento, obtiveram diâmetros médios máximos de 11,9 cm com 44,9 kg N ha<sup>-1</sup>, sendo registrado decréscimo a partir de então. IVANOFF (2009) quanto a diferentes formas de aplicação de nitrogênio, o diâmetro de capítulo variou de 12,23 a 14,26 cm, situado dentro da variação de 6 a 50 cm estabelecida para cultura, conforme FRANK & SZABO (1989) e por FREITAS, 2011 que, pesquisando a variação das doses de nitrogênio, as maiores médias de diâmetro de capítulo (DC) de 15,38 cm com 75 kg de N ha<sup>-1</sup> para água de poço.

Segundo Zagonel; Mundstock (1991), o nitrogênio atua na fase crítica da diferenciação floral que refletirá, conseqüentemente, na quantidade de aquênios por capítulo e, por decorrência, afeta também o diâmetro do capítulo. Para Souza et al. (2010), a variável diâmetro do capítulo é um dos componentes de produção mais sensíveis à presença de nitrogênio, respondendo significativamente com incrementos desta variável diante de doses pequenas denotando que a adubação nitrogenada é de extrema importância para o girassol; entretanto, segundo Biscaro et al. (2008) para proporcionar bom crescimento do diâmetro do capítulo não é necessária uma quantidade alta de fertilizante nitrogenado, o que pode justificar a constatação de um ponto de máxima para as doses nitrogenadas, independente do tipo de água utilizado na irrigação.

O diâmetro do capítulo é uma das características morfológicas mais afetadas pela adição de nitrogênio evidenciando aumentos, mesmo com doses pequenas (25 kg ha<sup>-1</sup> de N) (SAMENI et al., 1976). Porém este aumento não é contínuo com o incremento do N (SFREDO et al., 1984). Castro et al. (1999), Fleck & Silva (1989) e Steer & Hocking (1983) estudando efeitos e métodos de aplicação de ureia em girassol, em três anos agrícolas, observaram que houve diferença no peso de 1000 aquênios (g) somente para o método de incorporação com grade (parcelamento de N), conseguindo um peso médio de 38,2g. A resposta ao nitrogênio resulta do aumento do peso médio de aquênios e da aplicação mais tardia; no entanto, pode proporcionar maiores pesos de aquênio.

### 5.1.5. Fitomassa

Na Tabela 6 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa da parte aérea (FPA) do híbrido de girassol Hélio 360, no qual se constata diferença significativa a nível de ( $p < 0,01$ ) para os níveis de reposição de água em função da evapotranspiração da cultura ETc como para as diferentes doses de adubação nitrogenada nos períodos estudados.

**Tabela 6-** Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

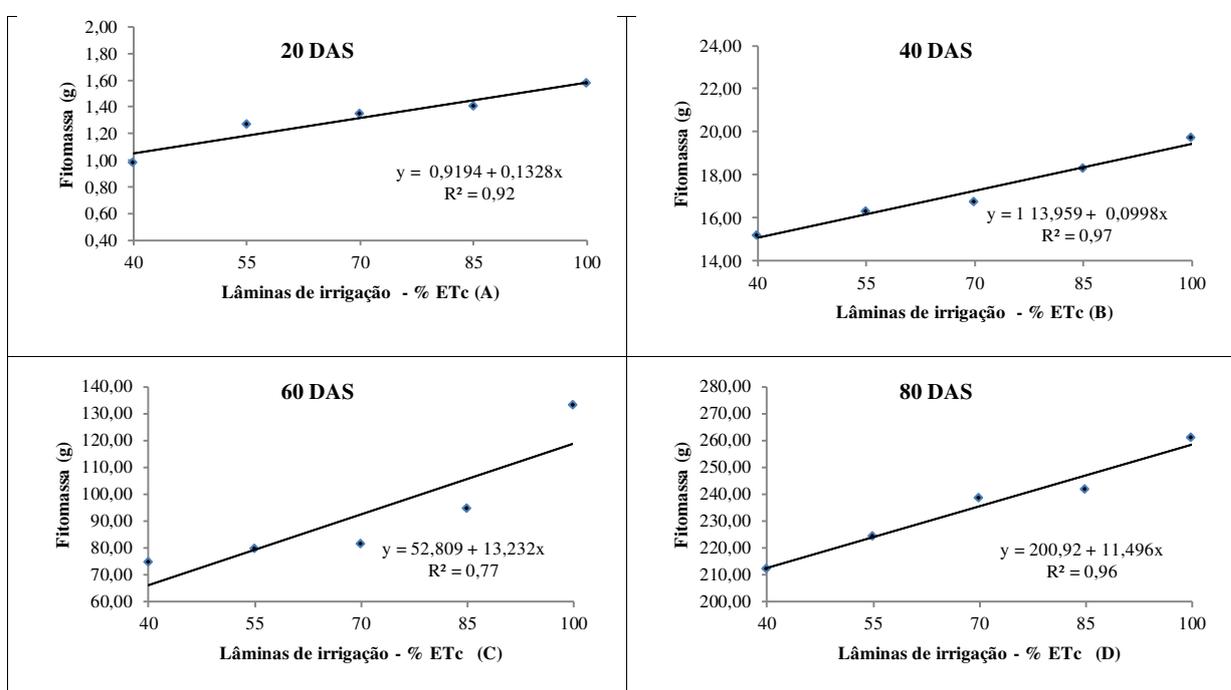
Fonte de variação		Quadrado médio			
	GL	FT 20 DAS	FT 40 DAS	FT 60 DAS	FT 80 DAS
Lamina (L)	4	0,56**	37,45**	6816,04**	4102,60**
Nitrogênio(N)	3	0,44**	105,79**	10116,61**	28890,68**
Interação (LxN)	12	0,09 <sup>ns</sup>	2,69 <sup>ns</sup>	1535,33 <sup>ns</sup>	604,44 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,37 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	43,81 <sup>ns</sup>	133,59 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	0,09	1,03	197,12	236,15
CV %		23,13	5,88	15,18	6,53
<b>Lâmina</b>					
Reg. Pol. Linear		2,10**	145,64**	21014,53**	15858,50**
Reg. Pol. Quadrática		0,05 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	5266,24**	10,75 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,11 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	983,26 <sup>ns</sup>	242,25 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	1,38	0,15	298,93
Resíduo		0,09	1,03	197,12	236,15
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		1,22**	312,73**	27265,33**	86394,27**
Reg. Pol. Quadrática		0,03 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	151,68 <sup>ns</sup>	12,69 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,06 <sup>ns</sup>	3,43 <sup>ns</sup>	2932,81 <sup>ns</sup>	265,08 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		0,09	1,03	197,12	236,15

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

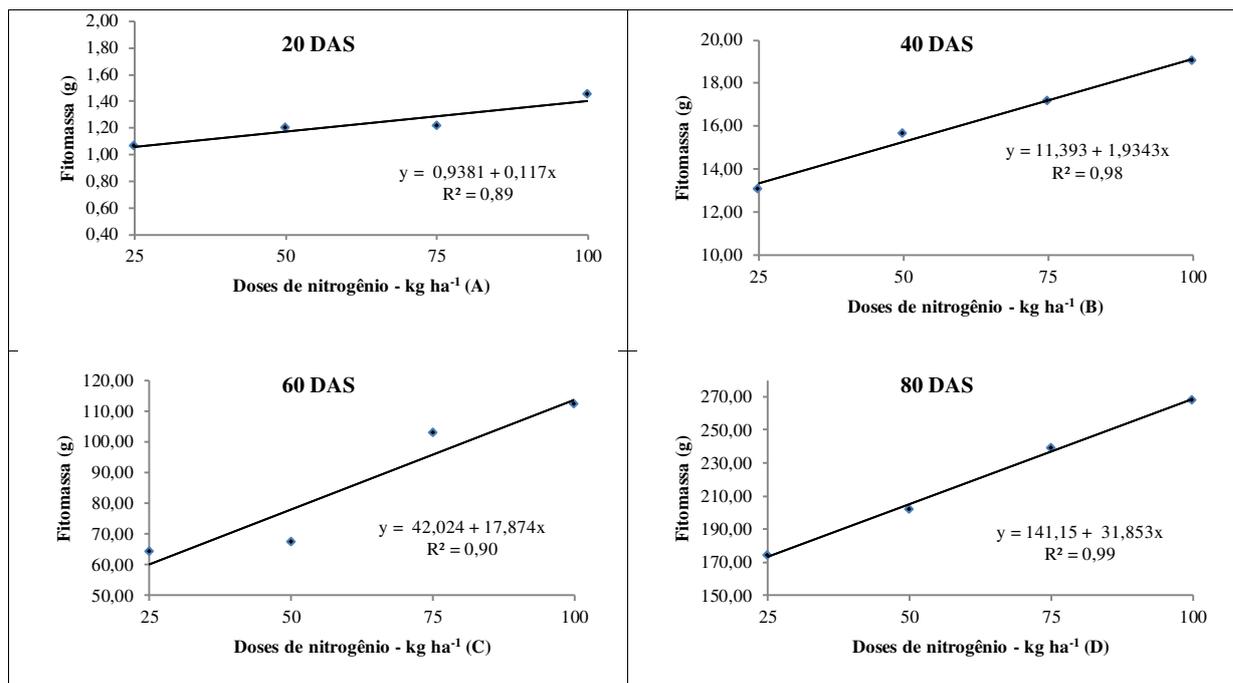
Observa-se, na Figura 10, que a fitomassa produzida pelas plantas submetidas aos diferentes tratamentos de reposição de água, foi de 212,10; 224,11; 238,48; 241,43 e 260,93 g para os tratamentos de 40; 55; 70; 85 e 100 % da ETc, respectivamente de 20 DAS aos 80 DAS. Com relação à fitomassa produzida pelas plantas quando conduzidas em diferentes

doses de adubação nitrogenada Figura 11, verificam-se valores de 174,28; 201,71; 239,17 e 267,97 g para os níveis de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

Na Figura 10 são visualizadas as regressões para o fator lâmina de irrigação em função da ETc, verificando-se aumento no acúmulo de fitomassa, de forma crescente e linear, à medida em que elevaram os níveis de reposição de água. O aumento no acúmulo de fitomassa produzida pelo híbrido de girassol Hélio 360 variou de 0,13 a 13,23 g quando se elevou o percentual unitário de reposição de água em função da ETc. Com relação ao acúmulo de fitomassa em função das diferentes doses de nitrogênio Figura 11, verificam-se variações de 0,11 a 31,85 g à medida as que se elevaram as doses de 25 para 100 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 10** – Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)



**Figura 11**– Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)

A deficiência hídrica exerce influências negativas sobre as plantas e, na maioria dos casos, seus danos são mensurados mediante o acompanhamento dos processos que, em geral, estão relacionados ao crescimento, como as alterações que ocorrem a nível morfológico e no acúmulo de fitomassa, por parte dos distintos órgãos vegetais (Carvalho, 2004).

### 5.1.6. Massa média de aquênios por capítulo, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo

Os resultados das análises de variâncias (ANAVA) dos dados referentes à massa média de aquênios por capítulo, massa média de 1.000 aquênios e teor de óleo, são apresentados na Tabela 7. Verifica-se diferença significativa entre os tratamentos referentes às diferentes lâminas de irrigações aplicadas para as plantas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ). Com relação aos tratamentos referentes aos diferentes níveis de adubação nitrogenada, houve influência significativa a nível de significância de 1% ( $p < 0,01$ ), sobre o girassol Hélio 360. Constata-se, também, interação significativa a nível de 5% ( $p < 0,05$ ) para a interação lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na variável massa média de aquênios por capítulo.

**Tabela 7-** Resumo das análises de variância referente às variáveis: Massa média de aquênios por capítulo, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

Fonte de variação		Quadrado médio		
GL		Massa média aquênios por capítulo (g)	Massa média 1000 aquênios (g)	Teor de Óleo (%)
Lâmina(L)	4	2701,85**	161,77*	26,736 **
Nitrogênio(N)	3	1125,24**	170,33*	31,141 **
Interação(LxN)	12	433,01*	105,17 <sup>ns</sup>	4,330 <sup>ns</sup>
Blocos	2	331,14 <sup>ns</sup>	21,99 <sup>ns</sup>	1,079 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	199,79	64,97	3,342
CV %		11,76	10,96	4,03
<b>Lâmina</b>				
Reg. Pol. Linear		10584,40**	643,57**	94,46**
Reg. Pol. Quadrática		125,14 <sup>ns</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	9,37 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		5,20 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>
Desvio		92,66	0,50	0,60
Resíduo		199,79	64,97	3,34
<b>Nitrogênio</b>				
Reg. Pol. Linear		3360,05**	502,33**	91,37**
Reg. Pol. Quadrática		0,26 <sup>ns</sup>	3,17 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		15,41 <sup>ns</sup>	5,49 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00
Resíduo		199,79	64,97	3,34

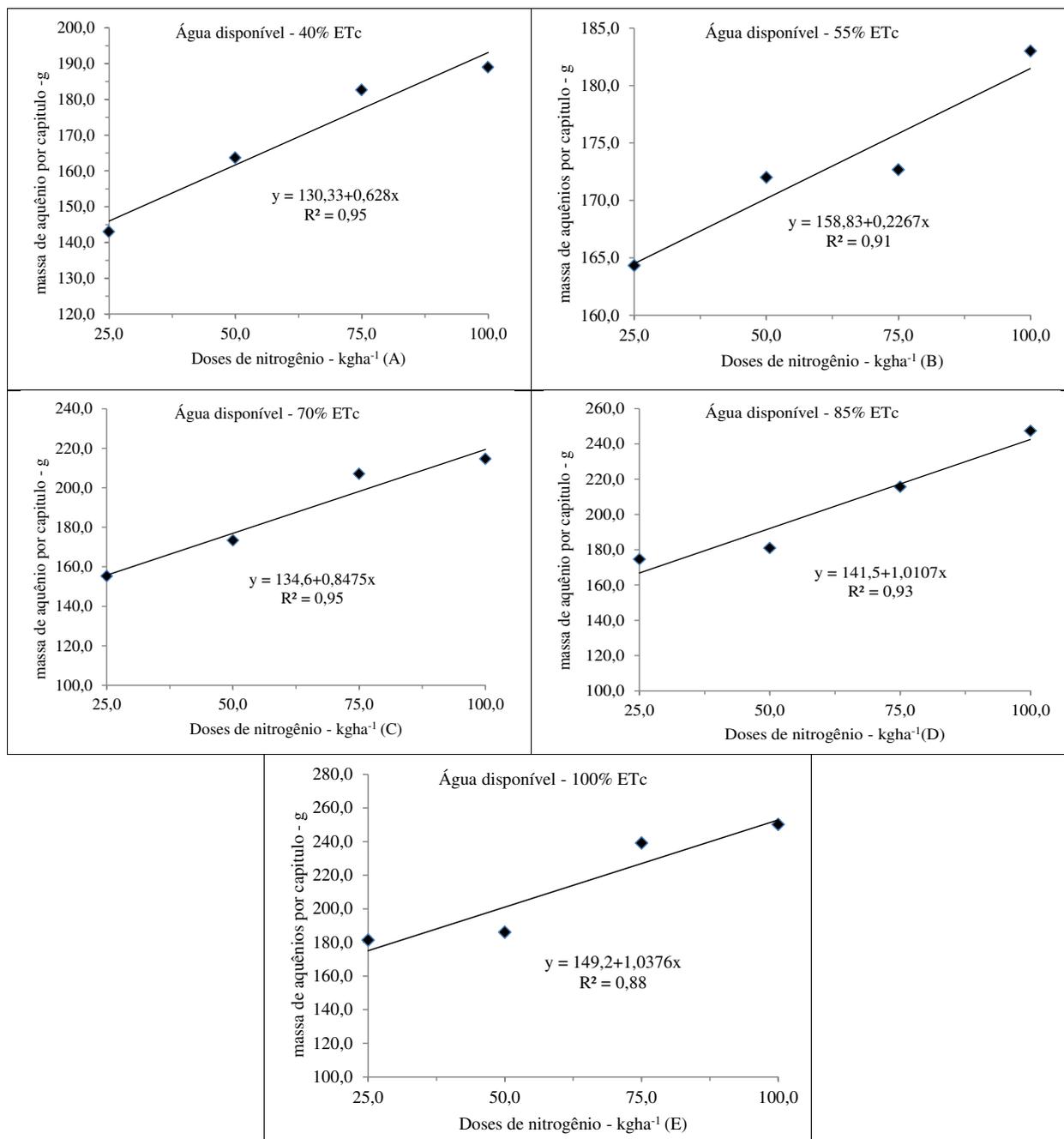
GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

Na Tabela 8 se apresentam os resultados das análises de desdobramento da massa média de aquênios por capítulo para os fatores lâminas de irrigação e doses de nitrogênio; verifica-se efeito significativo para o desdobramento de todas as doses de nitrogênio para cada lâmina de irrigação efeito significativo para todas as lâminas de irrigação em função das doses de nitrogênio.

**Tabela 8-** Resumo dos desdobramentos para as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio referente à variável massa média de aquênios por capítulo, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360.

Quadrado médio	
Fonte de variação	Massa Média de aquênios por capítulo
Lâmina d. N1	1275,46**
Lâmina d. N2	1086,76**
Lâmina d. N3	102,43*
Lâmina d. N4	1536,24**
Quadrado médio	
Nitrogênio d. L1	617,78*
Nitrogênio d. L2	132,59*
Nitrogênio d. L3	1076,52**
Nitrogênio d. L4	695,42*
Nitrogênio d. L5	334,97*

Na Figura 12 são apresentadas as regressões para a massa média de aquênios por capítulo; observa-se que, à medida em que as doses de nitrogênio se elevaram para cada lâmina de irrigação, resposta linear crescente para o acúmulo de massa. As massas médias de aquênios por capítulo obtido foram de 189,0; 183,0; 214,7; 243,3 e 250,0 g de aquênios por capítulo para as lâminas de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, na dose máxima de 100 kg ha<sup>-1</sup>.

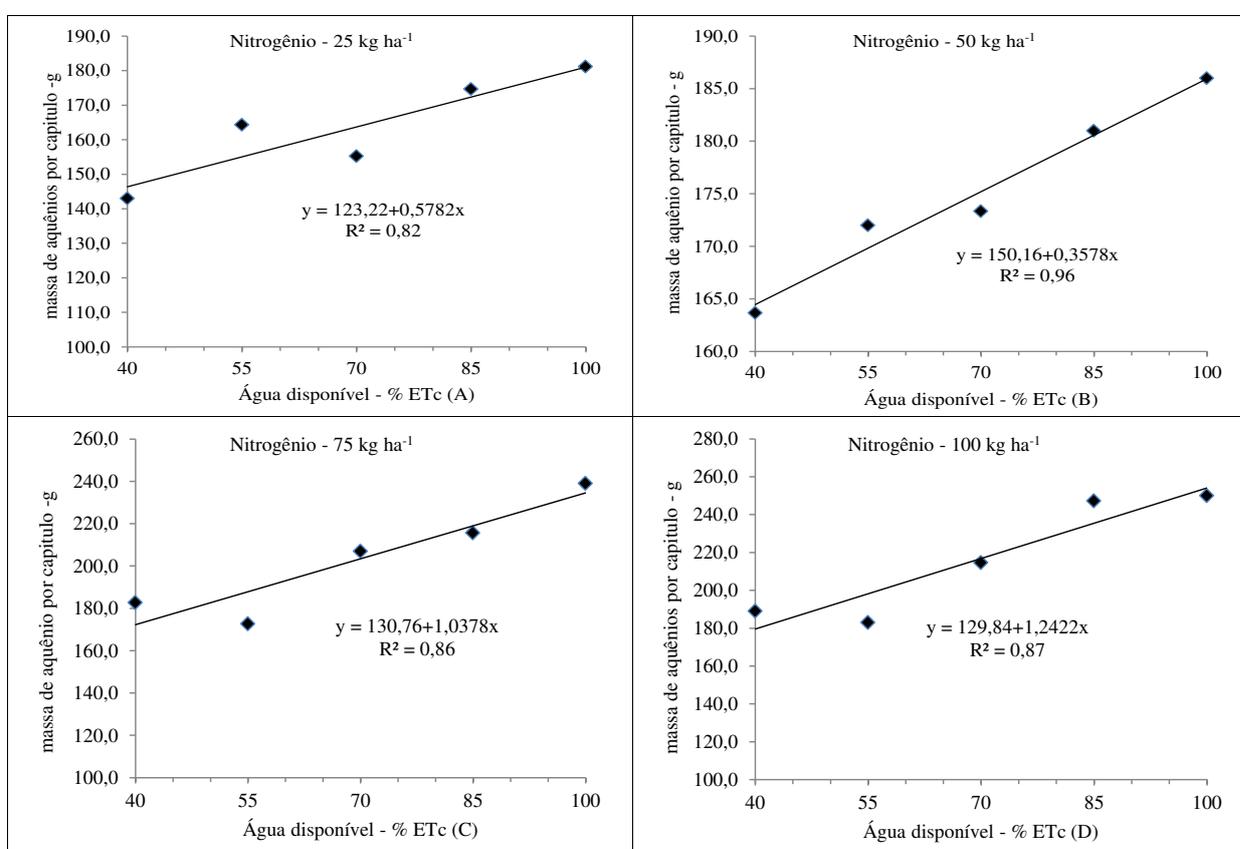


**Figura 12**– Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio para cada lâmina de irrigação (% ETC).

FREITAS (2010) obteve massa de aquênios de aquênio média de 50,35 g obtida com a água de poço na variação das lâminas de irrigações com o L4 = 296,64 mm (100% ECA). Esses valores foram superiores aos observados por Lima et al. (2011), de 48,95 g, também trabalhando com o girassol sob irrigação localizada com lâmina de 75% da ECA, diferença que pode estar associada à disponibilidade hídrica no solo.

Carvalho & Pissaia (2002) não constatarem trabalhando com a cultura do girassol em plantio direto sob diferentes doses nitrogenadas (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg.ha<sup>-1</sup>) no Paraná, sem uso da irrigação, diferença significativa entre a massa de aquênios por capítulo.

Na figura 13 são apresentadas as regressões para a massa média de aquênios por capítulo, verificando-se, com a elevação das lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração da cultura para todos os tratamentos referentes às diferentes doses de adubação nitrogenada, que houve resposta linear crescente, cujas massas médias de aquênio por capítulo alcançaram valores de 181,2; 186,0; 239,0 250 g de aquênios por capítulo para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na lâmina de 100 % ETc.

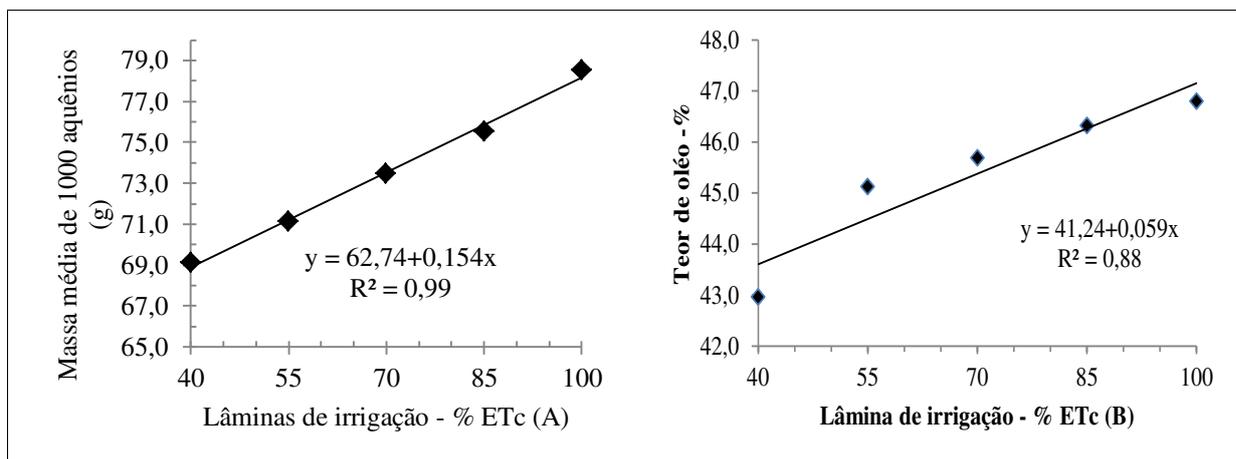


**Figura 13-** Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação para cada dose de adubação nitrogenada (kg ha<sup>-1</sup>)

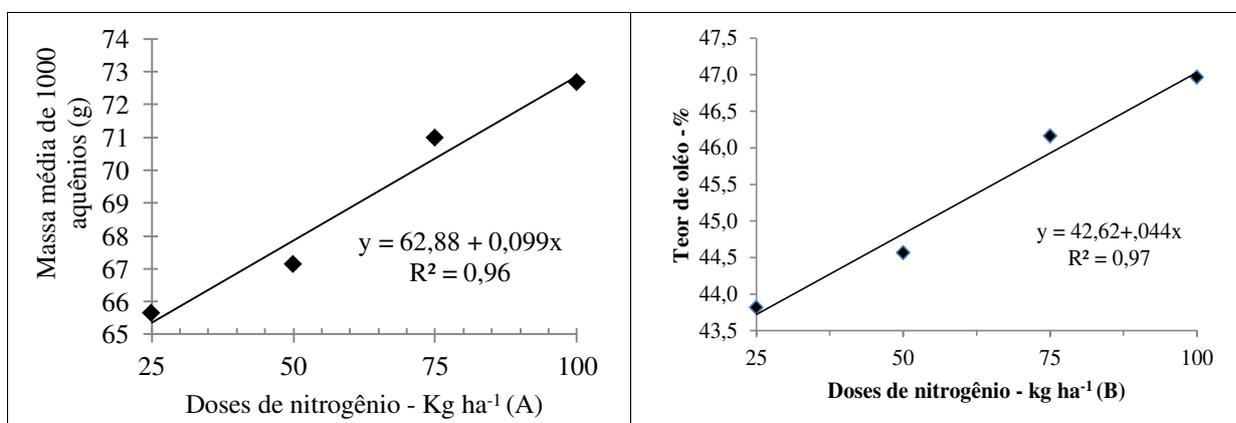
As regressões para os diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, apresentadas na Figura 14, permitem constatar a tendência de crescimento e o aumento linear na massa média de 1000 aquênios, além de teor de óleo. Observa-se variação no aumento da massa média de 1000 aquênios e 0,059 % para o teor de óleo por aumento unitário do percentual de reposição de água da evapotranspiração da cultura com relação aos tratamentos referentes às diferentes doses de nitrogênio, verifica-se através da Figura 15, que o aumento,

além de linear, evoluiu de forma crescente de 0,099 g e 0,044 %, para a massa média de 1000 aquênios e teor de óleo para o aumento unitário da adubação nitrogenada.

Na massa média de 1000 aquênios foram obtidos valores de 69,1; 71,1; 73,9 e 78,5 g para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente. Com relação às diferentes doses de adubação nitrogenada, verifica-se resposta da cultura com variações da massa de 1000 aquênios de 65,7; 67,1; 71,0 e 72,7 g, para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente. Os teores de óleo obtidos nos aquênios em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas foram de 43,0; 45,1; 45,7; 46,3 e 46,8 % para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente. Quanto aos teores de óleo em função da adubação nitrogenada, houve variações da ordem de 43,8; 44,6; 46,2 e 47,0 %, para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.



**Figura 14**– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc)



**Figura 15**– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)

Silva et al. (2011) observaram aumento quadrático e linear da massa de mil aquênios de cultivares de girassol, Catissol 01 e Embrapa 122 V, respectivamente, em função de diferentes níveis de irrigação. Segundo os autores, as maiores massas de mil aquênios foram de 73,39 g e 71,49 g e foram estimadas para 498,5 mm (140,10% da ECA) e 533,7 mm (150% da ECA) para as cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente.

Silva et al. (2007) não observaram, trabalhando com duas cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação diferença significativa da massa de mil sementes em função do aumento da disponibilidade hídrica; contudo, constataram diferença estatística entre as duas cultivares avaliadas H250 e H251 reforçando a hipótese de que há cultivares mais vulneráveis aos fatores de produção como água e nutrientes.

Corroborando com a presente pesquisa, Silva *et al.* (2011) verificaram, trabalhando com duas cultivares de girassol (Catissol 01 e Embrapa 122 V) sob diferentes níveis de irrigação no Vale do Curú - CE, efeito significativo da massa de mil aquênios em função das lâminas de irrigação. Esses autores ressaltam que as maiores massas de mil aquênios foram de 73,39 g e 71,49 g, obtidas com 498,5 mm (140,10% da ECA) e 533,7 mm (150% da ECA) para as cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente; referidos valores foram superiores aos observados no presente trabalho, diferença que pode também estar associada à diferença entre as cultivares.

Castro et al. (2006) estudaram a influência do estresse hídrico na produção de matéria seca total do girassol e observaram que as maiores produções foram obtidas nos tratamentos em que se aplicou uma quantidade maior de água. Segundo Leite et al. (2005), quando a deficiência hídrica incide nos estádios iniciais da estação de cultivo do girassol a planta manifesta, a nível celular, perdas no turgor e, em consequência, redução do crescimento afetando sobremaneira a morfologia de órgãos, como raízes, folhas, pecíolos, caules e capítulos. Toureiro et al. (2007) relatam que dentre os mecanismos fisiológicos adaptativos desenvolvidos pela cultura do girassol perante o déficit hídrico se destaca a aceleração do processo de senescência das folhas que, desta forma, objetiva restringir a área foliar e, em contrapartida, a superfície exposta às perdas, por transpiração. Em função dessas considerações é possível que o déficit hídrico imposto em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do girassol interfira na sua morfologia, na produção de fitomassa total e promova partições diferenciadas de fotoassimilados entre os órgãos aéreos das plantas.

Carvalho & Pissaia (2002) observam, trabalhando com cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha um aumento do peso de 1000 aquênios na dose máxima de 125 kg ha<sup>-1</sup> de N, alcançando 71,1g de aquênios. Zagonel & Mundstock (1991), verificaram

que o peso médio de aquênios da cultivar DK 180 respondeu a maiores quantidades de nitrogênio, na dose máxima de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, e às épocas de aplicação.

Freitas (2010) obteve média de massa de mil aquênios de 63,09 g com  $75 \text{ kg de N ha}^{-1}$  obtida para água de poço abaixo do observado por Biscaro et al. (2008) os quais, trabalhando a cultura do girassol cultivar H 358 da Dekalb sob quatro doses de adubação, nitrogenada (0, 20, 40 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ), irrigada por gotejamento em Mato Grosso do Sul, alcançaram massa de mil aquênios máxima de aproximadamente 71,9 g com  $44,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, diferença que pode estar atribuída à diferença genética das cultivares entre os experimentos. Já Gaviraghi et al. (2010) verificaram, avaliando o desempenho genético de 21 genótipos de girassol, maiores massas de mil aquênios na H 358 da Dekalb, sendo 32,5% mais pesadas em relação à cultivar Multissol.

### 5.1.7. Produtividade e lâmina de irrigação aplicada

Os resultados das análises de variância (ANAVA) dos dados referentes à produtividade e ao consumo de água, são apresentados na Tabela 9. Verifica-se diferença significativa entre os tratamentos referentes às diferentes lâminas de irrigações aplicadas e para as diferentes doses de adubação nitrogenada para as plantas, a nível de 1% ( $p < 0,01$ ), sobre o girassol Hélio 360.

**Tabela 9-** Resumo das análises de variância referente às variáveis: Produtividade e consumo de água do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

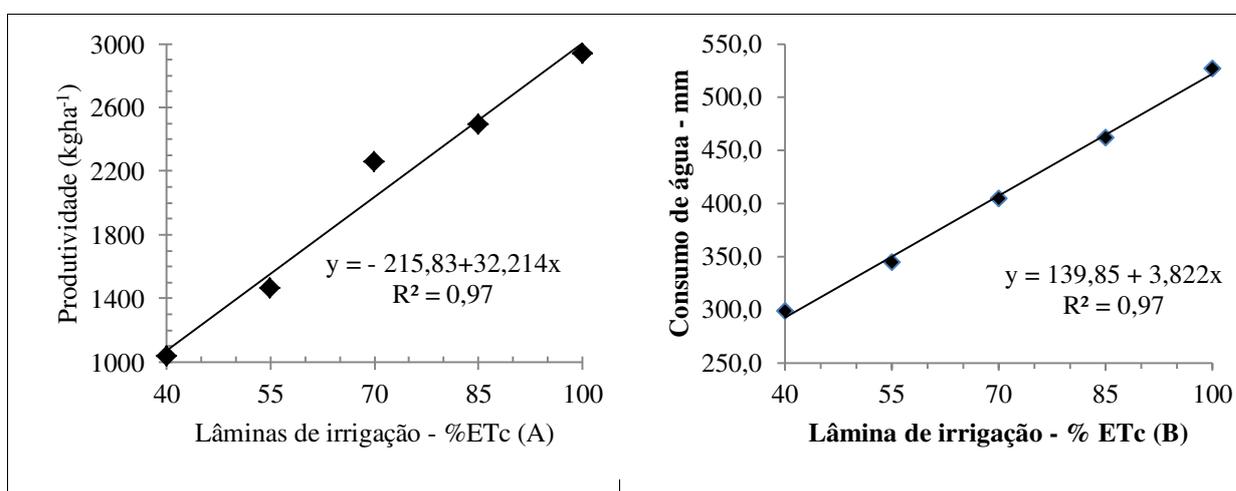
Fonte de variação		Quadrado médio	
	GL	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Lâmina de irrigação (mm)
Lâmina (L)	4	7192800,83**	99413,53 **
Nitrogênio (N)	3	2872700,88**	3339,81**
Interação(LxN)	12	24862,37 <sup>ns</sup>	232,17 <sup>ns</sup>
Blocos	2	105287,94 <sup>ns</sup>	39,61 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	55350,60	55,16
CV %		11,54	10,29
<b>Lâmina</b>			
Reg. Pol. Linear		28020091,56**	396844,30**
Reg. Pol. Quadrática		227784,72 <sup>ns</sup>	186,10 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		31902,36 <sup>ns</sup>	594,11 <sup>ns</sup>
Desvio		491424,69	29,61
Resíduo		55350,60	55,16
<b>Nitrogênio</b>			
Reg. Pol. Linear		8566407,30**	7089,47**
Reg. Pol. Quadrática		781,92 <sup>ns</sup>	2113,57 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		50913,42 <sup>ns</sup>	816,38 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00
Resíduo		55350,60	55,16

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

A produtividade média obtida por hectare foi de 1039,6; 1463,4; 2257,9; 2495,1 e 2939,8 kg ha<sup>-1</sup> para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente. A resposta da cultura aos diferentes níveis de adubação nitrogenada foi de 1451,1, 1713,3;

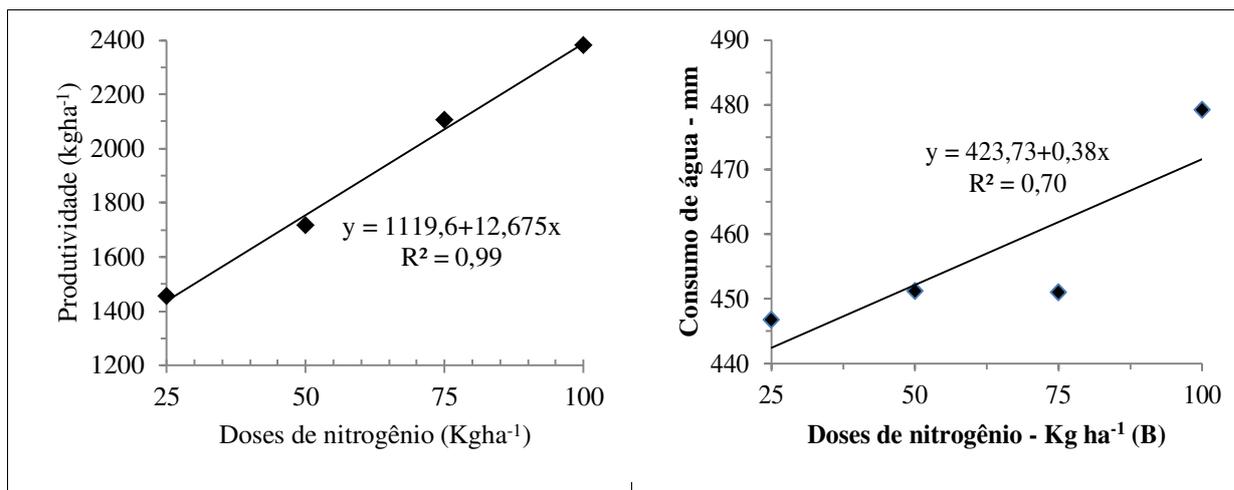
2103,6 e 2378,2, para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente; o consumo de água durante o ciclo da cultura foi de 341,7; 407,7; 453,8; 509,8 e 576,2 mm para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente, o consumo de água em função das diferentes doses de adubação nitrogenada foi de 400,7; 403,5; 403,6 e 421,8 mm para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

As regressões para a resposta da cultura submetida aos diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, apresentadas na Figura 16, permitem verificar tendência linear crescente na produtividade média de sementes de girassol Hélio 360 e no consumo de água cujo aumento unitário de produtividade de sementes foi de 32,21 kg ha<sup>-1</sup> e de 3,82 mm para o consumo de água para cada aumento unitário do percentual de reposição de água da evapotranspiração da cultura



**Figura 16**– Produtividade (A) e consumo de água (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das Lâminas de irrigação (% ETc)

Para os tratamentos que se refere às diferentes doses de nitrogênio verifica-se através da Figura 17, que o aumento na produtividade foi linear crescente de 14,71 kg ha<sup>-1</sup> e de 0,38 mm para o consumo de água, para cada aumento unitário da adubação nitrogenada.



**Figura 17**– Produtividade (A) e consumo de água (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Freitas (2010) obteve média de potencial produtivo ( $2.798 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para água de poço freático e Afféri et al. (2008), obtiveram  $2.427 \text{ kg ha}^{-1}$ , trabalhando com a mesma cultivar (Mutissol) sob sequeiro em Tocantins, valores inferiores aos  $2.239,8 \text{ kg ha}^{-1}$  obtidos neste experimento para a condição de máxima evapotranspiração da cultura (100 % ETc).

Zagonel & Mundstock (1991) verificaram que a produção de aquênios da cultivar Contisol 711 atingiu o máximo com uma adubação nitrogenada de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ , com rendimento de  $2125 \text{ kg ha}^{-1}$  de aquênios, diferente dos valores obtidos neste experimento em que a produtividade máxima alcançada foi de  $2.378,2 \text{ kg ha}^{-1}$ , para a dose  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio; Lozanovic & Stanojevic (1988), constataram que o aumento na dose de nitrogênio afetou positivamente a produção do girassol até  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N; adubações de 120 e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N reduziram as produções em 17 e 21 %, respectivamente.

## 5.2. SEGUNDO CICLO

### 5.2.1. Altura caular da planta

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes à altura da planta são apresentados na Tabela 10 constatando-se diferença significativa a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) de probabilidade entre tratamentos de lâminas de irrigação. Concernente aos diferentes níveis de adubação nitrogenada ocorreu influência significativa a nível de significância de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção aos 20 DAS, que não apresentaram diferença significativa.

**Tabela 10-** Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

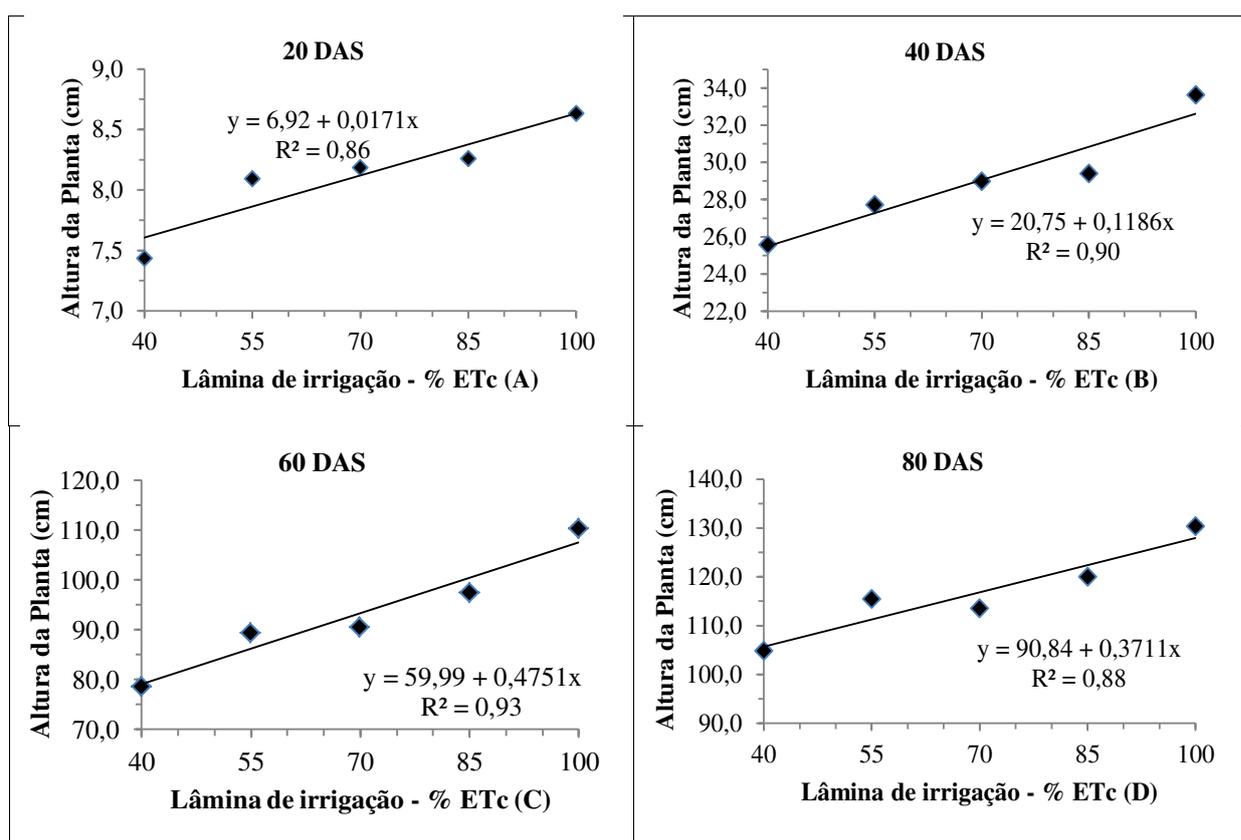
Fonte de variação		Quadrado médio			
GL		AP 20 DAS	AP 40 DAS	AP 60 DAS	AP 80 DAS
Lâmina	4	2,27**	104,77**	1536,87**	1050,90**
Nitrogênio	3	8,95 <sup>ns</sup>	157,68**	1349,04**	1799,23**
Interação LxN	12	1,71 <sup>ns</sup>	20,98 <sup>ns</sup>	102,01 <sup>ns</sup>	78,36 <sup>ns</sup>
Blocos	2	4,46 <sup>ns</sup>	58,98 <sup>ns</sup>	175,59 <sup>ns</sup>	163,37 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	1,25	8,42	76,83	51,00
CV %		13,77	9,98	9,38	6,11
<b>Lâmina</b>					
Reg. Pol. Linear		7,90*	379,85**	5731,15**	3718,53**
Reg. Pol. Quadrática		0,29 <sup>ns</sup>	8,46 <sup>ns</sup>	130,20 <sup>ns</sup>	53,94 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,90 <sup>ns</sup>	26,13 <sup>ns</sup>	252,01 <sup>ns</sup>	321,76 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	4,66	34,12	109,36
Resíduo		1,25	8,42	76,83	51,00
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		23,40**	455,34**	4028,93**	5294,52**
Reg. Pol. Quadrática		3,26 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	17,71 <sup>ns</sup>	99,07 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,18 <sup>ns</sup>	17,66 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	4,10 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		1,25	8,42	76,83	51,00

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

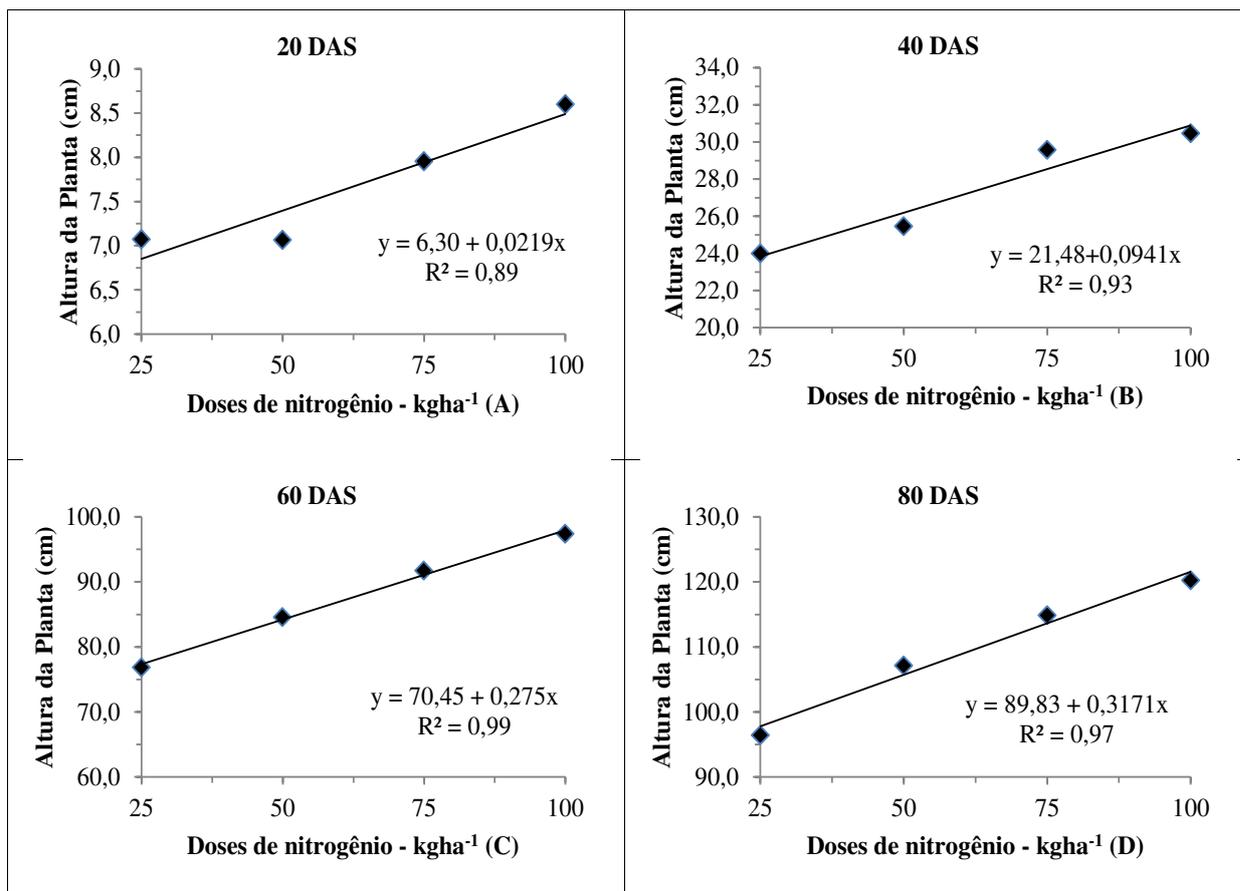
As alturas encontradas aos 80 DAS para as plantas de girassol Hélio 360 foram de 104,8 a 130,4 cm para os tratamentos de 40 e 100 % ETc, respectivamente; já para a resposta

da cultura aos diferentes níveis de adubação nitrogenada verificam-se alturas aos 80 DAS de 96,4 cm a 120,3 cm; para os níveis de 25 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio observa-se ligeira redução da altura das plantas quando comparada com a altura das plantas conduzidas no primeiro ciclo.

As análises de regressão para os diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, são apresentadas na Figura 18. Observa-se tendência de crescimento linear na altura das plantas, ao longo do ciclo da cultura que, além de linear, evoluiu de forma crescente variando de 0,0116 a 0,475 cm na altura da planta para cada aumento unitário do percentual de reposição de água da evapotranspiração da cultura dos 20 aos 80 DAS. Com relação à resposta da cultura, às diferentes doses de nitrogênio verifica-se através da Figura 19, que o aumento foi linear crescente, variando de 0,022 a 0,317 cm na altura da planta para o aumento unitário da adubação nitrogenada.



**Figura 18**– Altura da planta (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)



**Figura 19**– Altura da planta (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)

Dentre os recursos utilizados pelas plantas considera-se que a água é o mais requerido e, ao mesmo tempo, o mais frequentemente limitante. Considera-se, desta forma, que a necessidade de se recorrer à prática da irrigação reflete o fato de que a água é essencial para a produtividade dos vegetais cujo desenvolvimento é afetado de maneira bastante significativa devido à disponibilidade hídrica, tanto pela sua falta ou como por excesso (TAIZ & ZEIGER, 2009).

De acordo com (TOMICH et al., 2003) normalmente, a altura de plantas é uma característica importante por ser positivamente correlacionada com as características de produção. Segundo os autores, em ensaio conduzido em Sete Lagoas, MG, este parâmetro morfológico variou, nos treze genótipos avaliados, em média de 178 a 268 cm para cultivares de baixo e alto porte, respectivamente, diferente dos valores obtidos neste experimento que oscilaram de 104,8 a 130,4 cm, para os 80 DAS.

### 5.2.2. Diâmetro do caule

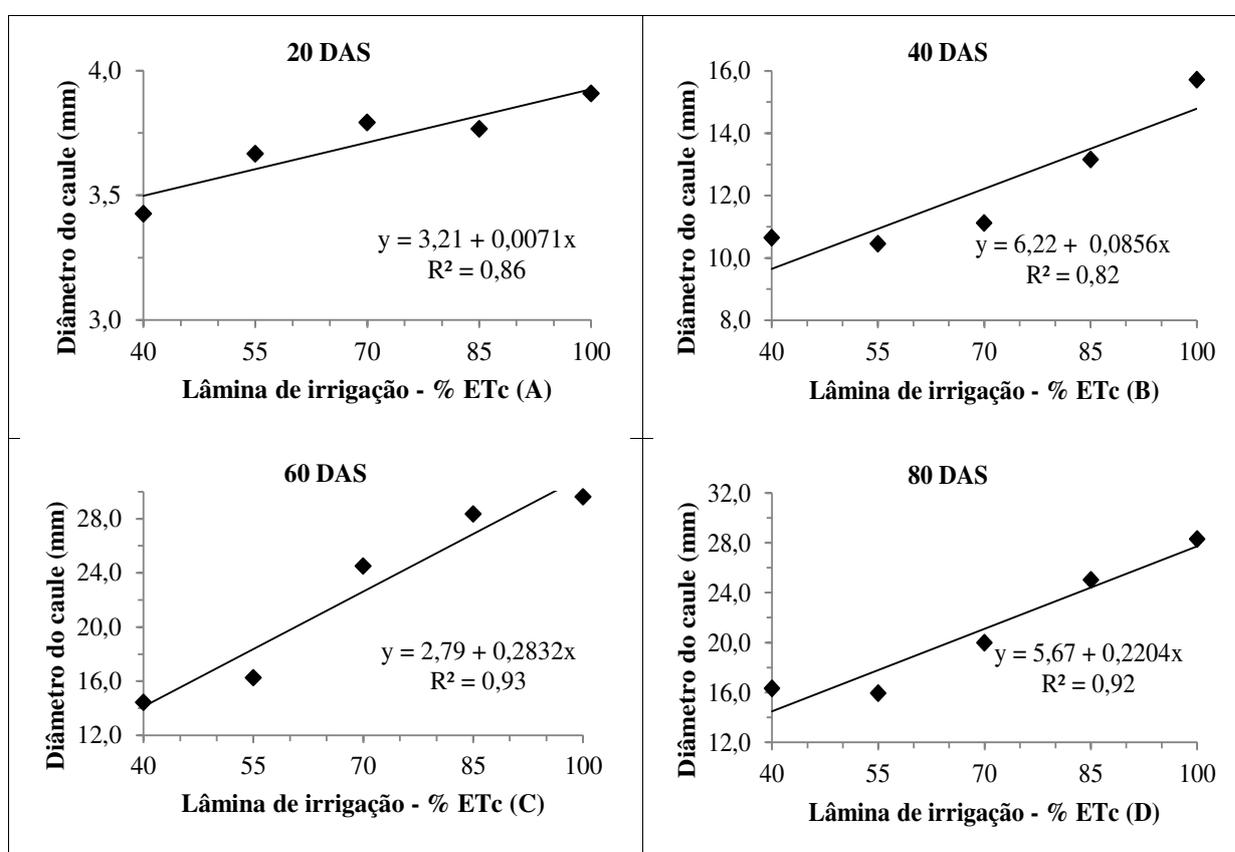
O resumo das análises de variância (ANAVA) referente ao diâmetro do caule é apresentado na Tabela 11; observa-se, com relação aos diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, que houve diferenças significativas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 40 aos 80 DAS e a nível de 5% ( $p < 0,05$ ) aos 20 DAS. Ao final dos 80 DAS verificam-se valores da ordem de 16,3; 15,9; 20,6; 25,0 e 28,3 mm para os tratamentos mantidos a nível de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc. Diferentes níveis de adubação nitrogenada constata-se influência significativa a nível de 1% ( $p < 0,05$ ) ao longo do ciclo cujos diâmetros médios aos 80 DAS variaram de 16,1; 20,0; 20,1 e 22,9 mm para as doses de adubação de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com a mesma tendência de resposta em relação aos tratamentos aos quais foram submetidas, mas com pequena redução do diâmetro em relação ao obtido no primeiro ciclo.

**Tabela 11-** Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

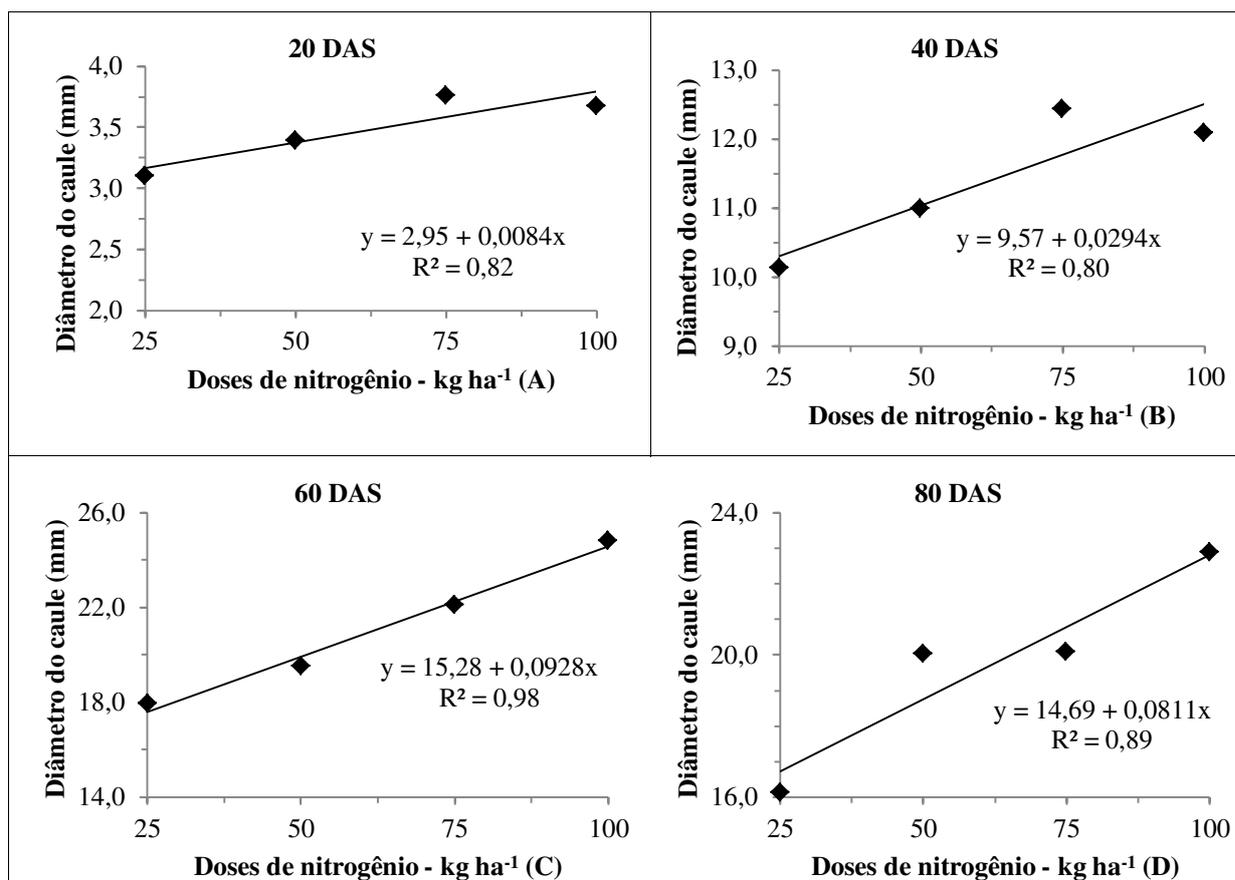
Fonte de variação		Quadrado médio			
GL		DC 20 DAS	DC 40 DAS	DC 60 DAS	DC 80 DAS
Lâmina	4	0,39*	59,76**	579,10**	354,57**
Nitrogênio	3	1,52**	20,55**	176,92**	133,49**
Interação LxN	12	0,30 <sup>ns</sup>	3,61 <sup>ns</sup>	23,29**	26,98**
Blocos	2	1,81 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	33,84**	29,91*
Resíduo	38	0,25	2,63	4,15	6,17
CV %		13,61	13,28	9,01	11,77
<b>Lâmina</b>					
Reg. Pol. Linear		1,36*	197,89**	2165,80**	1312,08**
Reg. Pol. Quadrática		0,10 <sup>ns</sup>	40,71 <sup>ns</sup>	25,77 <sup>ns</sup>	59,76 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,09 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	97,38 <sup>ns</sup>	46,37 <sup>ns</sup>
Desvio		0,02	0,32	27,46	0,09
Resíduo		0,25	2,63	4,15	6,17
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		3,74**	53,17**	519,55**	357,95**
Reg. Pol. Quadrática		0,58 <sup>ns</sup>	4,42 <sup>ns</sup>	11,09 <sup>ns</sup>	4,42 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,24 <sup>ns</sup>	4,06 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	38,09 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		0,25	2,63	4,15	6,17

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

As análises das regressão, também apresentadas na Tabela 11 e seus respectivos gráficos (Figuras 20 e 21), permitem constatar tendência de aumento linear no diâmetro do caule das plantas ao longo de todo o ciclo. O aumento no diâmetro do caule evolui de modo crescente ao longo do ciclo da cultura variando de 0,007 a 0,283 mm por aumento unitário do nível de reposição de água em função da ETc. Com relação à resposta da cultura às diferentes doses de nitrogênio aplicadas observa-se, através da Figura 21, tendência de crescimento linear no diâmetro do caule das plantas em todas as épocas avaliadas com aumento variando de 0,08 a 0,09 mm para cada aumento unitário da dose de nitrogênio aplicada ao solo.



**Figura 20-** Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)



**Figura 21-** Diâmetro do caule (mm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)

### 5.2.3. Área foliar

As análises de variância (ANAVA) referente à área foliar, são apresentadas na Tabela 12; observa-se influência significativa a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 40 aos 80 DAS, ocorrendo o contrário aos 20 DAS para os diferentes níveis de reposição da água de irrigação em função da evapotranspiração da cultura ETc; para as diferentes doses de nitrogênio aplicadas ocorrem diferenças significativas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) em todo o ciclo.

**Tabela 12-** Resumo das análises de variância referente à variável área foliar, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

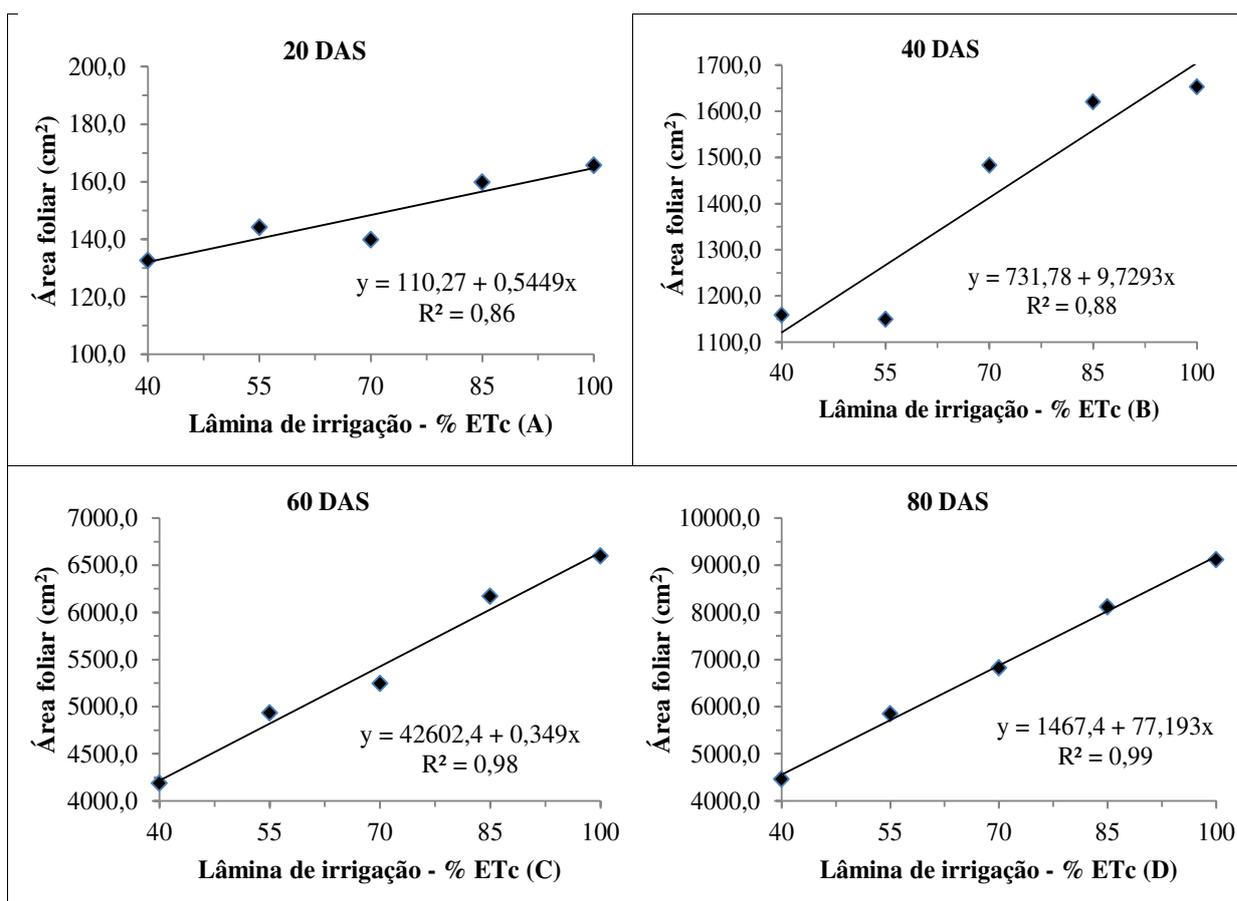
Fonte de variação		Quadrado médio			
GL		AF 20 DAS	AF 40 DAS	AF 60 DAS	AF 80 DAS
Lâmina (L)	4	2303,99 <sup>ns</sup>	718965,58 <sup>**</sup>	11188813,69 <sup>**</sup>	40344697,68 <sup>**</sup>
Nitrogênio (N)	3	18917,71 <sup>**</sup>	939780,55 <sup>**</sup>	4711668,70 <sup>**</sup>	20998703,61 <sup>**</sup>
Interação (LxN)	12	2301,93 <sup>ns</sup>	144018,65 <sup>ns</sup>	1064264,45 <sup>ns</sup>	2819751,97 <sup>ns</sup>
Blocos	2	3477,65 <sup>ns</sup>	24960,54 <sup>ns</sup>	1308652,01 <sup>ns</sup>	3988571,12 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	766,81	38150,36	997871,70	672318,33
CV %		18,66	13,82	18,41	11,93
<b>Lâmina</b>					
Reg. Pol. Linear		8009,87*	2555701,28 <sup>**</sup>	43956160,26 <sup>**</sup>	160885804,99 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quadrática		139,70 <sup>ns</sup>	10899,70 <sup>ns</sup>	493,71 <sup>ns</sup>	178354,65 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		3,92 <sup>ns</sup>	240647,72 <sup>ns</sup>	5244,37 <sup>ns</sup>	17624,90 <sup>ns</sup>
Desvio		1062,45	68613,60	793356,41	297006,17
Resíduo		766,81	38150,36	997871,70	672318,33
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		55921,32 <sup>**</sup>	2808013,95 <sup>**</sup>	12754954,65 <sup>**</sup>	62197895,87 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quadrática		574,74 <sup>ns</sup>	3188,65 <sup>ns</sup>	1380045,34 <sup>ns</sup>	748010,34 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		257,06 <sup>ns</sup>	8139,06 <sup>ns</sup>	6,11 <sup>ns</sup>	50204,62 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		766,81	38150,36	997871,70	672318,33

GL - grau de liberdade; B - Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

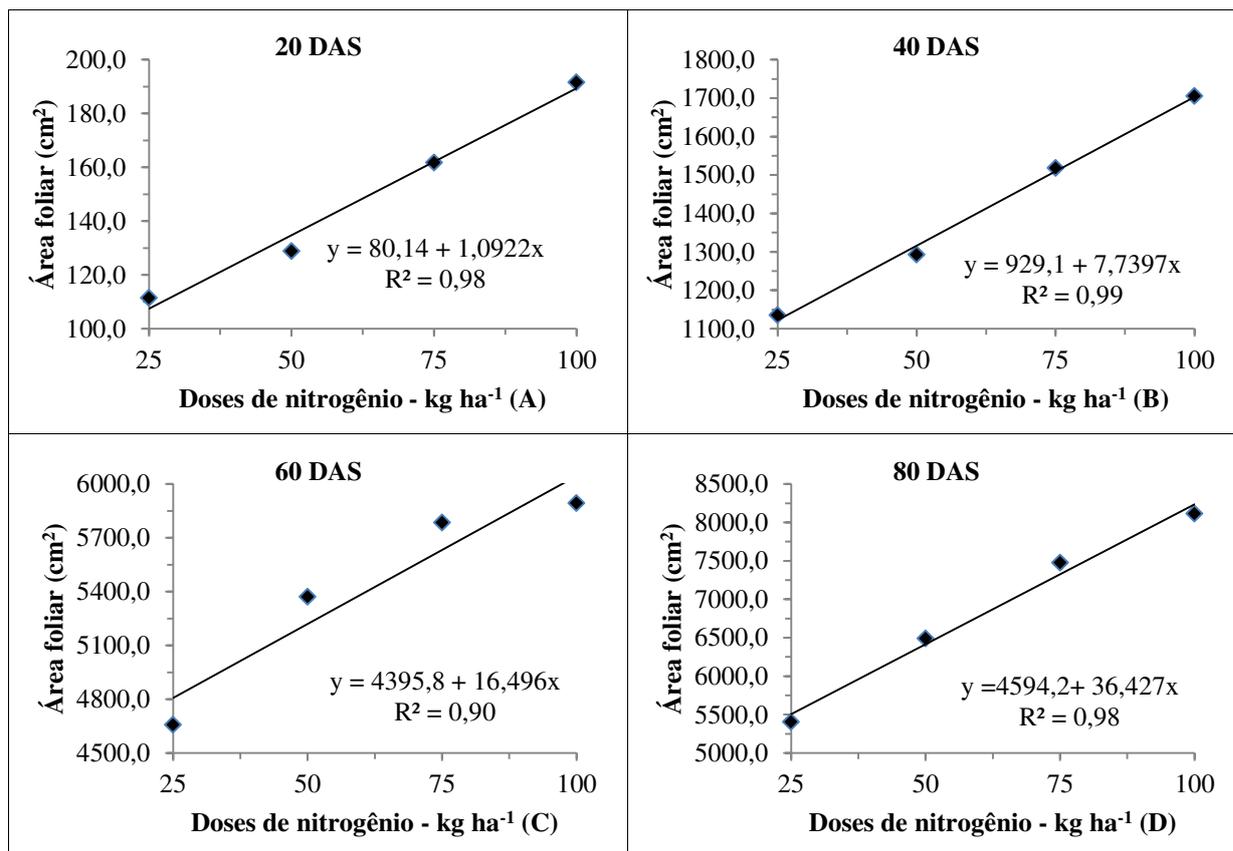
Aos 80 DAS os tratamentos submetidos à variação das lâminas de irrigação em função da ETc apresentaram área foliar de 4459; 5845; 6823; 8112 e 9114 cm<sup>2</sup> para os tratamentos referentes a 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente; no tratamento com nitrogênio foram observadas áreas foliares de 5406; 6488; 7476 e 8112 cm<sup>2</sup> para as doses de nitrogênio de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O referido comportamento se assemelha aos

encontrados no primeiro ciclo da cultura com pequenas reduções de área foliar quando submetida a diferentes níveis de reposição de água em função da ETc e diferentes doses de adubação nitrogenada.

Na Figura 22 são mostradas as regressões para a área foliar do híbrido de girassol Hélio 360; verifica-se que o comportamento linear cresce à medida que os níveis de reposição da água de irrigação baseadas na ETc foram elevados durante todo o ciclo da cultura. O aumento da área foliar também evolui de forma crescente com o avanço do ciclo da cultura, que variou de 0,54 a 77,19 cm<sup>2</sup> sempre que se elevou o percentual unitário de reposição de água de irrigação baseada na ETc. Com relação à resposta da cultura a adubação nitrogenada, observa-se aumento da ordem de 1,09 a 36,46 cm<sup>2</sup> para cada aumento unitário das doses de nitrogênio (Figura 23).



**Figura 22**– Área foliar (cm<sup>2</sup>) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS).



**Figura 23-** Área foliar (cm<sup>2</sup>) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS).

### 5.2.4. Diâmetro do capítulo

O resumo das análises estatísticas de variância (ANAVA) para o diâmetro do capítulo é apresentado na Tabela 13. Observam-se diferenças significativas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) aos 60 e 80 DAS, tanto para os tratamentos submetidos aos diferentes níveis de reposição de água em função da ETc como para os submetidos às diferentes doses de adubação nitrogenada. As plantas apresentaram diâmetros médios de 18,5; 21,8; 22,1; 23,3 e 26,7 cm, cujos tratamentos foram submetidas a 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc aos 80 DAS, respectivamente. Com relação às diferentes doses de nitrogênio, apresentaram diâmetro do capítulo de 18,8; 19,4; 22,8; e 23,4 cm para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

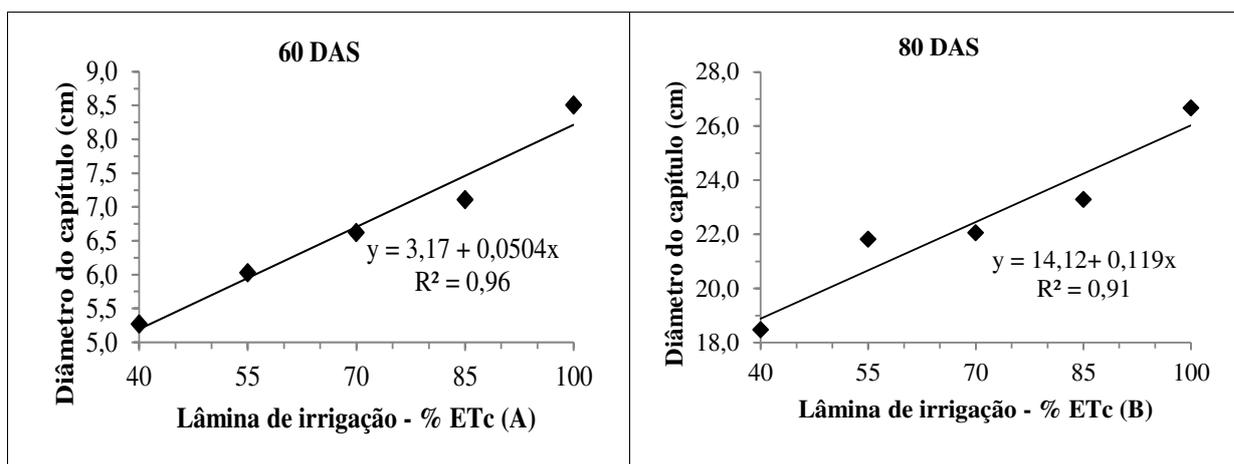
**Tabela 13-** Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do capítulo, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		D. capítulo 60 DAS	D. capítulo 80 DAS
Lâmina (L)	4	17,86**	104,51**
Nitrogênio(N)	3	5,59**	89,04**
Interação( LxN)	12	1,21 <sup>ns</sup>	31,75 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,37 <sup>ns</sup>	67,42 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	1,12	7,21
CV %		15,80	11,95
<b>Lâmina</b>			
Reg, Pol, Linear		68,71**	382,35**
Reg, Pol, Quadrática		1,20 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>
Reg, Pol, Cúbica		1,39 <sup>ns</sup>	33,18*
Desvio		0,15	1,50
Resíduo		1,12	7,21
<b>Nitrogênio</b>			
Reg, Pol, Linear		11,25**	237,45**
Reg, Pol, Quadrática		3,80 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
Reg, Pol, Cúbica		1,72 <sup>ns</sup>	29,27*
Desvio		0,00	0,00
Resíduo		1,12	7,21

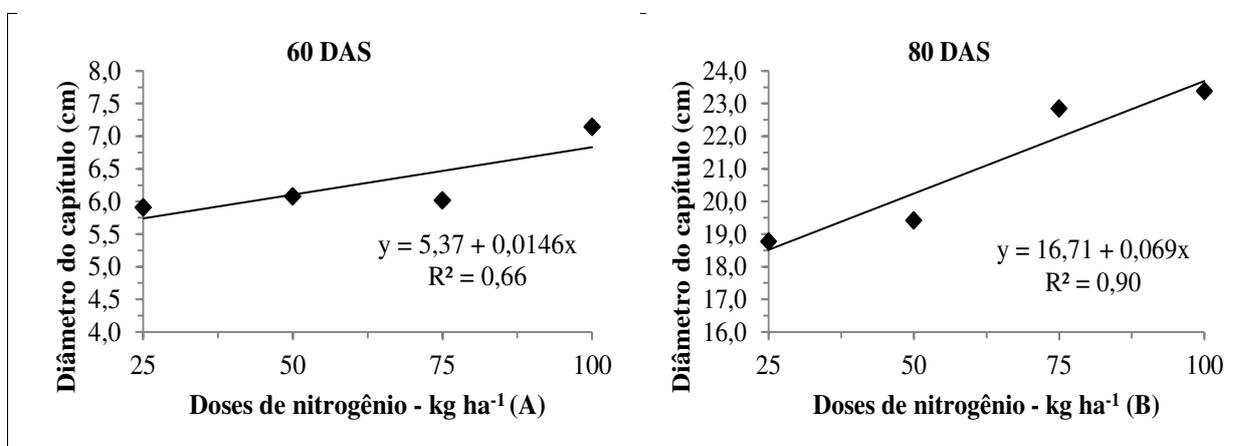
GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

As análises de regressão são apresentadas na Tabela 13; seus respectivos gráficos (Figuras 24 e 25), permitem constatar tendência de crescimento linear no diâmetro do

capítulo. Com aumento no diâmetro do capítulo variando de 0,05 a 14,12 cm por aumento unitário do nível de reposição de água em função da ETc, para as diferentes doses de nitrogênio aplicadas observa-se, através da Figura 25, tendência de crescimento linear cujo aumento variou de 0,014 a 16,79 cm para cada aumento unitário da dose de nitrogênio aplicada ao solo.



**Figura 24**– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 60 DAS e B – 80 DAS).



**Figura 25**– Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 60 DAS e B – 80 DAS).

### 5.2.5. Fitomassa

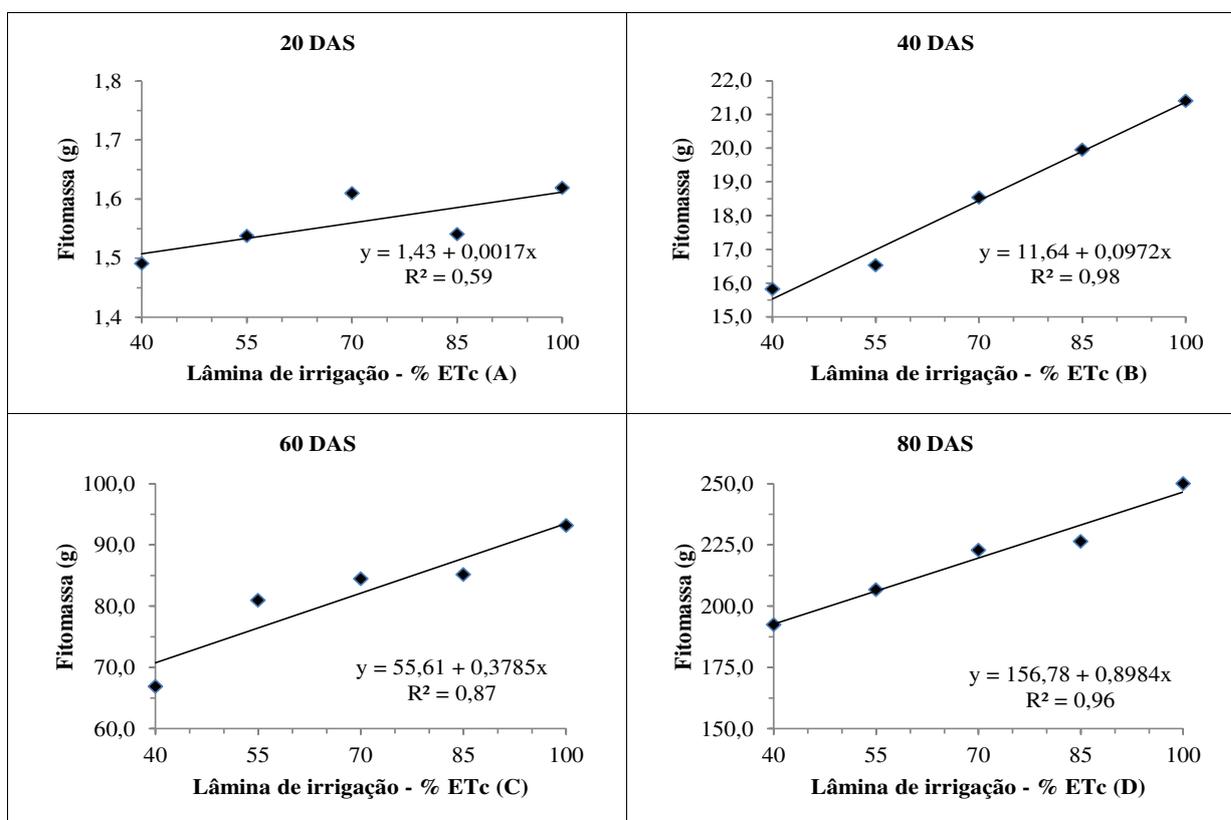
Na Tabela 14 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa da parte aérea (FPA) do girassol Hélio 360. Consta-se diferença significativa a nível de ( $p < 0,01$ ) para os níveis de reposição de água em função da evapotranspiração da cultura ETc, com exceção dos 20 DAS em que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Com relação às diferentes doses de adubação nitrogenada, observa-se diferença significativa de nível de ( $p < 0,01$ ). A fitomassa produzida pelas plantas submetidas aos diferentes tratamentos de reposição de água foi de 192,4; 206,7; 222,9; 226,4 e 250,0 g para os tratamentos de 40; 55; 70; 85 e 100 % da ETc, respectivamente aos 80 DAS. Com relação à fitomassa obtida das plantas conduzidas a diferentes doses de adubação nitrogenada verificam-se valores de 176,1; 204,8; 235,8 e 261,9 g para os níveis de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

**Tabela 14-** Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.

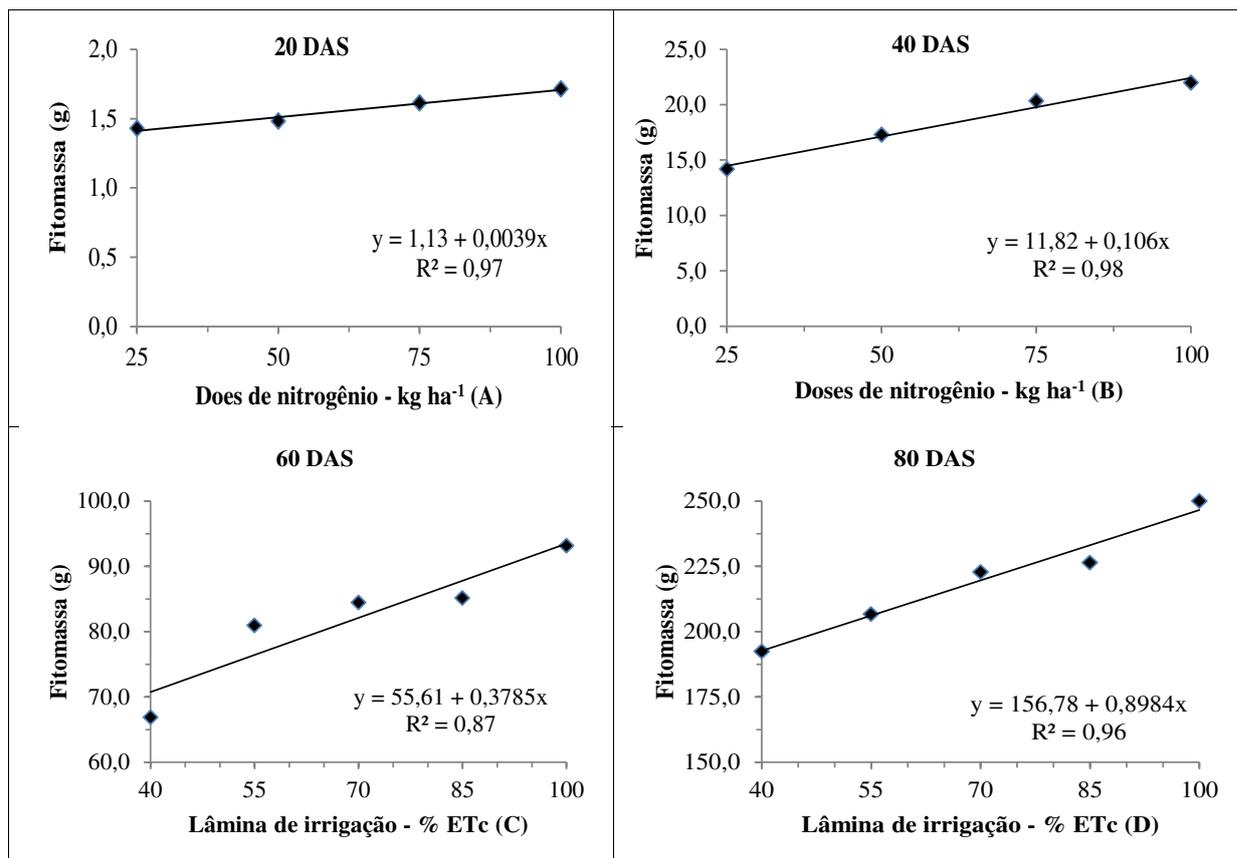
Fonte de variação	Quadrado médio				
	GL	FT 20 DAS	FT 40 DAS	FT 60 DAS	FT 80 DAS
Lâmina (L)	4	0,03 <sup>ns</sup>	64,76 <sup>**</sup>	1111,30 <sup>**</sup>	5651,00 <sup>**</sup>
Nitrogênio (N)	3	0,25 <sup>**</sup>	178,70 <sup>**</sup>	4964,04 <sup>**</sup>	20812,68 <sup>**</sup>
Interação (LxN)	12	0,021 <sup>ns</sup>	21,29 <sup>ns</sup>	417,72 <sup>ns</sup>	5678,40 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,00 <sup>ns</sup>	69,96 <sup>ns</sup>	50,50 <sup>ns</sup>	16912,98 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	0,04	4,79	85,96	1762,91
CV %		12,49	11,86	11,29	19,11
<b>Lâmina</b>					
Reg, Pol, Linear		0,08 <sup>ns</sup>	255,35 <sup>**</sup>	3867,29 <sup>**</sup>	21792,85 <sup>**</sup>
Reg, Pol, Quadrática		0,01 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	192,15 <sup>ns</sup>	31,27 <sup>ns</sup>
Reg, Pol, Cúbica		0,02 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	384,81 <sup>ns</sup>	393,57 <sup>ns</sup>
Desvio		0,04	1,08	0,93	386,30
Resíduo		0,038	4,79	85,96	1762,91
<b>Nitrogênio</b>					
Reg, Pol, Linear		0,73 <sup>**</sup>	526,61 <sup>ns</sup>	13120,32 <sup>**</sup>	62371,11 <sup>**</sup>
Reg, Pol, Quadrática		0,01 <sup>ns</sup>	8,10 <sup>ns</sup>	132,02 <sup>ns</sup>	25,27 <sup>ns</sup>
Reg, Pol, Cúbica		0,01 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1639,78 <sup>**</sup>	41,65 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		0,038	4,79	85,96	1762,91

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

Na Figura 26 são visualizadas as regressões para o fator lâmina de irrigação em função da ETc; verifica-se que o aumento no acúmulo de fitomassa ocorre de forma crescente e linear, à medida em que se elevaram os níveis de reposição de água. O aumento no acúmulo de fitomassa produzida variou de 0,0017 a 0,89 g quando se elevou o percentual unitário de reposição de água em função da ETc. Com relação à resposta da fitomassa em função das diferentes doses de nitrogênio, Figura 27, verificam-se variações de 0,0039 a 1,15 g à medida em que se elevaram as doses de 25 para 100 kg ha<sup>-1</sup>, resultados esses semelhantes aos encontrados no primeiro ciclo da cultura do híbrido de girassol Hélio 360.



**Figura 26**– Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)



**Figura 27**– Fitomassa (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS)

### 5.2.6. Massa média de aquênios por capítulo, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo

Os resultados das análises de variância (ANAVA) dos dados referentes à massa média de aquênios por planta, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo, são apresentados na Tabela 15. Verifica-se diferença significativa entre os tratamentos referentes às diferentes lâminas de irrigações em função da ETc aplicadas às plantas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ), e também em relação aos tratamentos referentes às diferentes doses de adubação nitrogenada.

**Tabela 15-** Resumo das análises de variância referente às variáveis: Massa média de grãos por planta, Massa média de 1000 aquênios e teor de óleo do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

Fonte de variação		Quadrado médio		
GL		Massa média de aquênios por capítulo (g)	Massa média 1000 aquênios (g)	Teor de Óleo (%)
Lâmina (L)	4	2794,44**	192,43**	8,01**
Nitrogênio (N)	3	9531,51**	314,91**	27,15**
Interação(LxN)	12	669,91**	78,41 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>
Blocos	2	262,29 <sup>ns</sup>	64,27 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	105,91	46,74	1,55
CV %		9,15	9,82	2,73
<b>Lâmina</b>				
Reg. Pol. Linear		10728,40**	605,30**	23,99**
Reg. Pol. Quadrática		196,99 <sup>ns</sup>	41,57 <sup>ns</sup>	4,55 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		198,20 <sup>ns</sup>	7,14 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Desvio		54,17	115,70	3,50
Resíduo		105,91	46,74	1,55
<b>Nitrogênio</b>				
Reg. Pol. Linear		28100,85**	801,12**	75,08**
Reg. Pol. Quadrática		379,26 <sup>ns</sup>	7,35 <sup>ns</sup>	2,35 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		114,42 <sup>ns</sup>	136,26 <sup>ns</sup>	4,02 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00
Resíduo		105,91	46,74	1,55

GL - grau de liberdade; B – Bloco AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

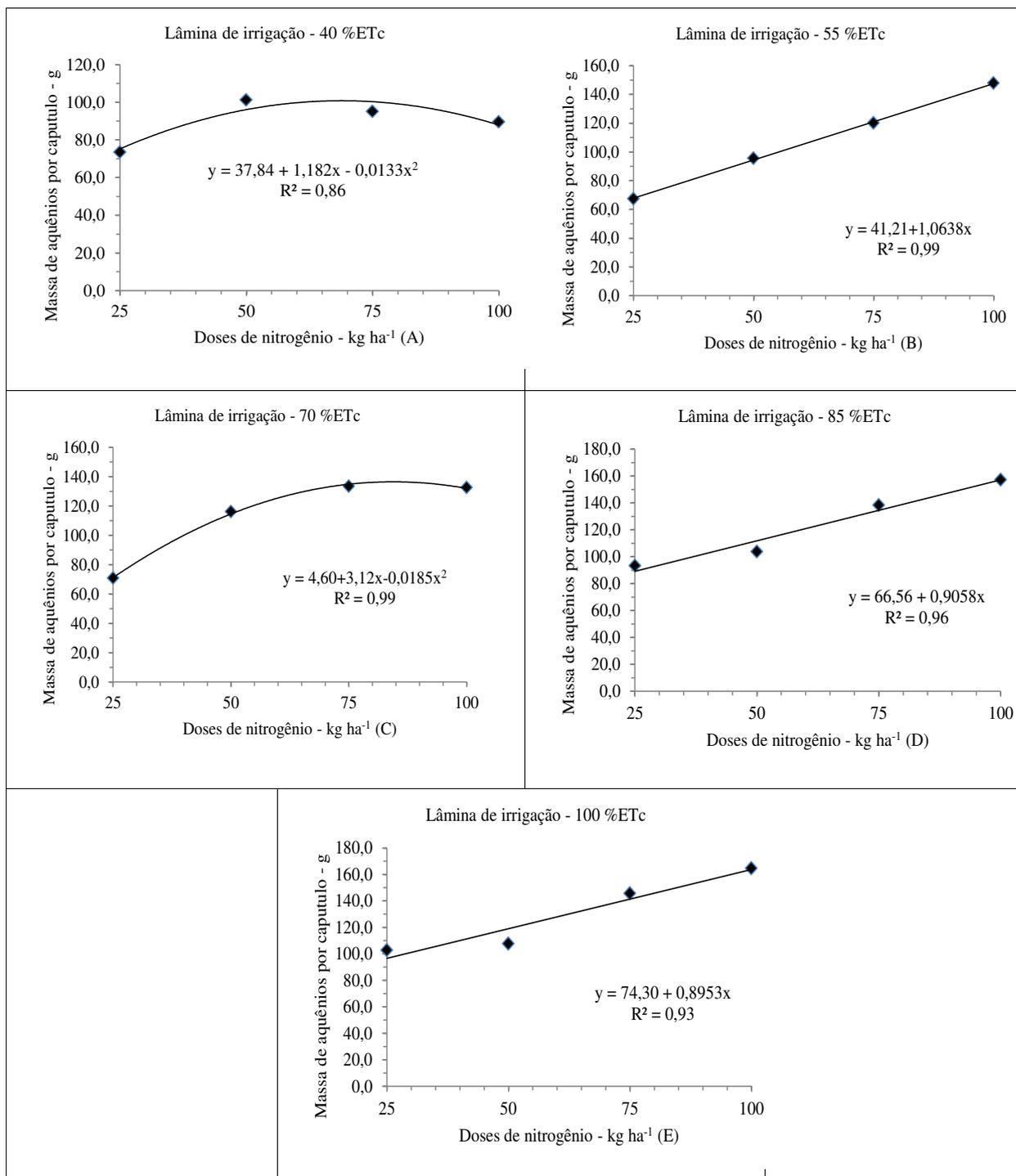
Na Tabela 16 são apresentados os resultados das análises de desdobramento da massa média de aquênios por capítulo para os fatores lâminas de irrigação e doses de nitrogênio; verifica-se efeito significativo para o desdobramento de todas as doses de nitrogênio para cada

lâmina de irrigação e efeito significativo para todas as lâminas de irrigação em função das doses de nitrogênio.

**Tabela 16-** Resumo dos desdobramentos para as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio referente à variável massa média de aquênios por capítulo, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 360.

Quadrado médio	
Fonte de variação	Massa Média de aquênios por capítulo
Lâmina d. N1	732,78**
Lâmina d. N2	214,42*
Lâmina d. N3	1185,60**
Lâmina d. N4	2671,35**
Quadrado médio	
Nitrogênio d. L1	422,69*
Nitrogênio d. L2	3538,66**
Nitrogênio d. L3	2595,05**
Nitrogênio d. L4	2963,46**
Nitrogênio d. L5	2691,27**

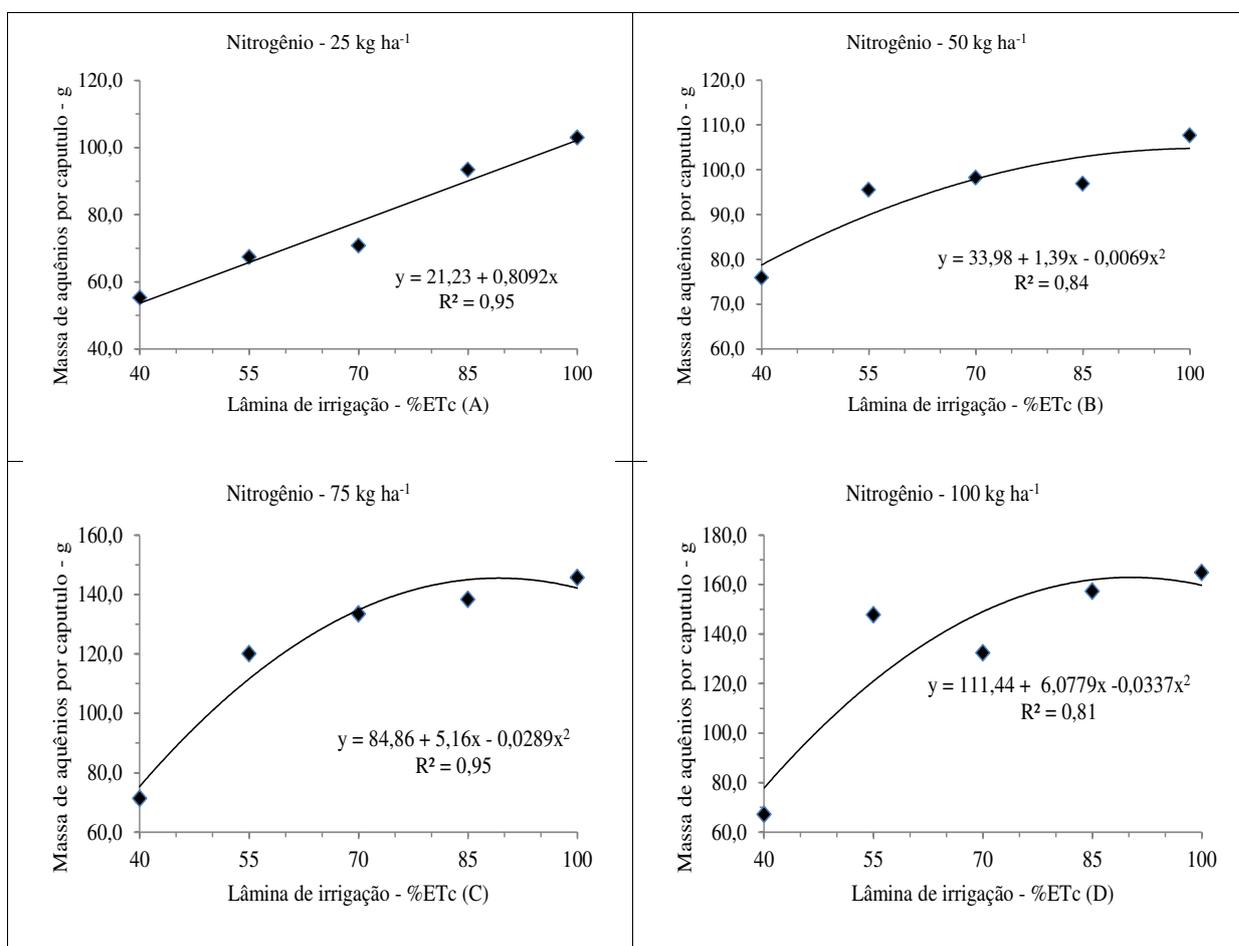
Na Figura 28, se apresentam as regressões para a massa média de aquênios por capítulo em função das doses de adubação nitrogenada para cada lâmina de irrigação; observa-se que, à medida em que se elevam as doses de nitrogênio para cada lâmina de irrigação houve resposta linear crescente para o acúmulo de massa. As massas médias de aquênios por capítulos obtidas foram de 66,0; 67,9; 66,4; 73,3 e 74,5 g de aquênios por capítulo para as lâminas de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc na dose máxima de 100 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 28**– Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de adubação nitrogenada para cada lâmina de irrigação (% ETc), (A – 40 % ETc); (B – 55 % ETc); (C – 70 % ETc); (D – 85 % ETc); (E – 100 % ETc).

Com relação à resposta da cultura às diferentes doses de adubação nitrogenada, Figura 29, verifica-se comportamento linear crescente apenas para a dose de 25 kg ha<sup>-1</sup>, para as doses de 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> houve comportamento com efeito quadrático sempre que se elevou a disponibilidade de água, com valores máximos de massas de 102,85; 107,70; 145,69

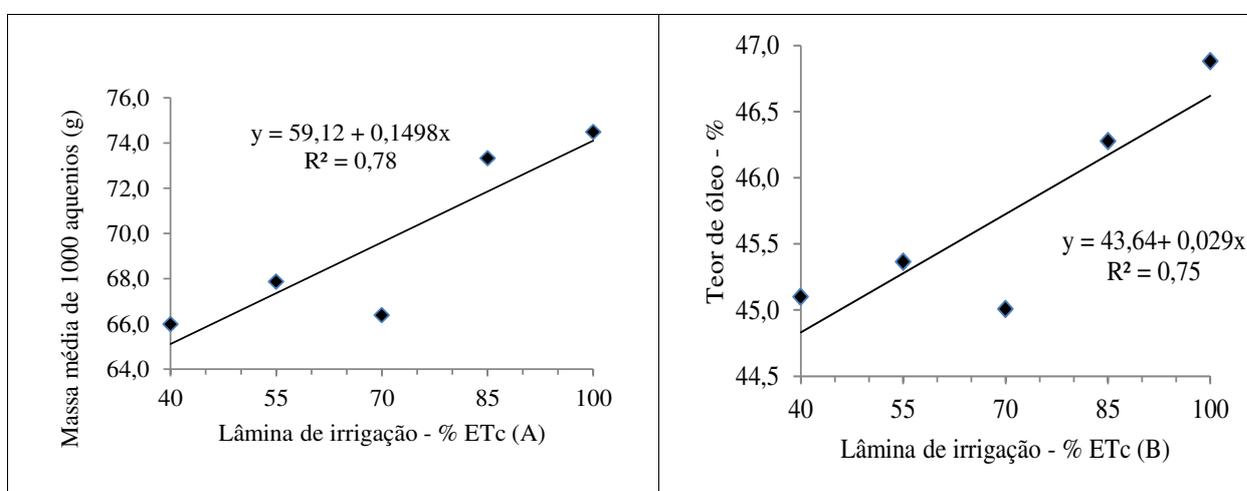
e 164,80 g, para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente, na lâmina máxima de 100 % ETc.



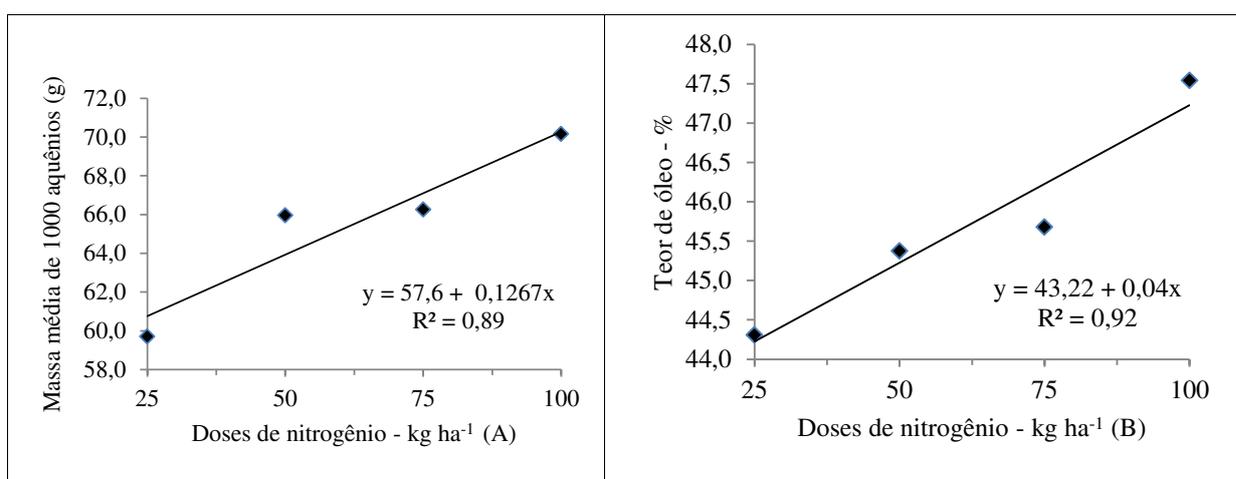
**Figura 29-** Massa média de aquênios por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação para cada dose de adubação nitrogenada (kg ha<sup>-1</sup>), (A – 20 DAS; B – 40 DAS; C – 60 DAS; D – 80 DAS).

Para a Massa média de 1000 aquênios foram obtidos valores de 59,7; 66,0; 66,3 e 70,2 g para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente. Com relação às diferentes doses de adubação nitrogenada, verifica-se resposta da cultura com variações da massa de 1000 aquênios de 59,7; 66,0; 66,3 e 70,2 g, para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente. Os teores de óleo obtidos nos aquênios em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas foram de 45,1; 45,4; 45,0; 46,3 e 46,9 % para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente. Quanto aos teores de óleo em função da adubação nitrogenada houve variações da ordem de 44,3; 45,4; 45,7 e 47,5 %, para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente. Constatam-se reduções no peso médio de 1000 aquênios.

As regressões para os diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, apresentadas na Figura 30, permitem constatar a tendência de aumento linear na massa média de aquênios por capítulo, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo. Observa-se variação no aumento da massa média das sementes por capítulo de 0,63 g, 0,149 g para a massa média de 1000 aquênios e 0,029 % para o teor de óleo por aumento unitário do percentual de reposição de água da evapotranspiração da cultura; com relação aos tratamentos referentes às diversas doses de nitrogênio verifica-se, através da Figura 31, um aumento linear crescente de 0,72 g, 0,12 g e 0,04 %, para a massa média de aquênios por capítulo, massa média de 1000 aquênios e teor de óleo para o aumento unitário da adubação nitrogenada.



**Figura 30**– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das Lâminas de irrigação (% ETc).



**Figura 31**– Massa média de 1000 aquênios (g) (A) e Teor de Óleo (%) (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹).

Segundo (KARADOĐAN & AKGÜN, 2009) o crescimento e o desenvolvimento das folhas exercem profundas influências no rendimento dos vegetais e desempenham papel vital no controle da perda de água, pela espécie. Esses autores avaliaram os efeitos da remoção de folhas no desempenho agrônômico do girassol e evidenciaram que a redução do número de folhas reduziu significativamente o rendimento e a produção de aquênios e os teores de óleo e proteína bruta no girassol. O que reforça a importância da manutenção de um número adequado de folhas como aparato fotossintético capaz de acumular, além de nutrientes, compostos orgânicos que, posteriormente, serão translocados para os órgãos reprodutivos e para os aquênios (LIMA JÚNIOR et al., 2010).

O N é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos e o principal nutriente para obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais. Nas oleaginosas o nitrogênio determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e a produção de óleo já que influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes. Quando adubado com N em grandes quantidades, eleva os teores do nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios (CASTRO et al 1999).

### 5.2.7. Produtividade e lâmina de irrigação aplicada

Os resultados das análises de variância (ANAVA) dos dados referentes à produtividade média de sementes por hectare e o consumo de água, são apresentados na Tabela 17. Verifica-se diferença significativa entre os tratamentos referentes às diferentes lâminas de irrigações aplicadas em função da ETc e também para as diferentes doses de adubação nitrogenada, a nível de 1% ( $p < 0,01$ ).

**Tabela 17-** Resumo das análises de variância referente às variáveis: Produtividade e consumo de água do híbrido de girassol Hélio 360, quando submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.

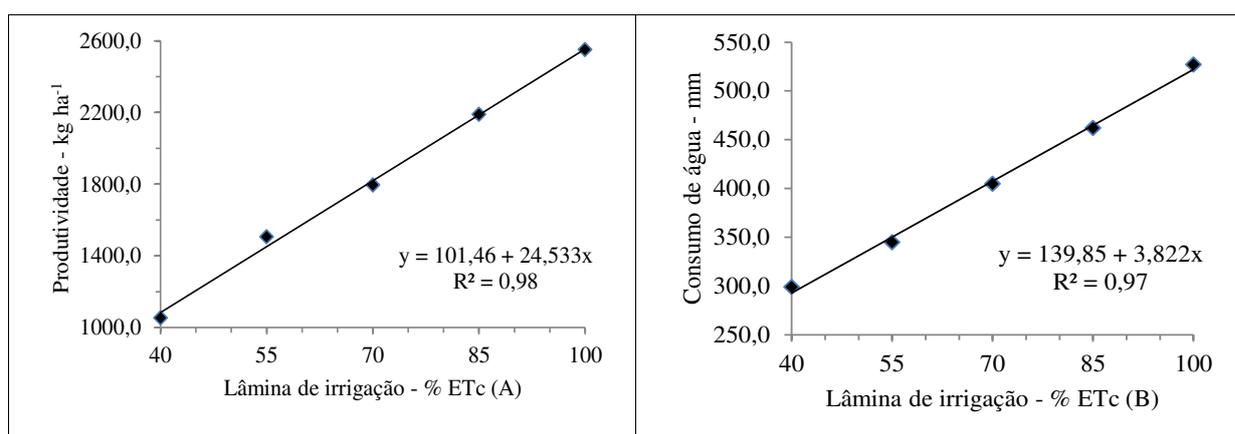
Fonte de variação		Quadrado médio	
GL		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Lâmina de irrigação (mm)
Lâmin(L)	4	16304489,71**	98917,30**
Nitrogênio(N)	3	5621051,97**	1409,86**
Interação(LxN)	12	2240175,91**	271,31**
Blocos	2	10554,93 <sup>ns</sup>	29,96**
Resíduo	38	1258192,34	126,62
CV %		10,00	12,76
<b>Lâmina</b>			
Reg. Pol. Linear		16250526,72**	394401,73**
Reg. Pol. Quadrática		5366,14**	1087,68*
Reg. Pol. Cúbica		20314,07 <sup>ns</sup>	55,82 <sup>ns</sup>
Desvio		28282,774	123,96
Resíduo		33110,32	126,62
<b>Nitrogênio</b>			
Reg. Pol. Linear		5517393,20**	3005,10**
Reg. Pol. Quadrática		175,95 <sup>ns</sup>	880,51 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		103482,81 <sup>ns</sup>	343,96 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00
Resíduo		33110,32	26,62

GL - grau de liberdade; B – Bloco; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo

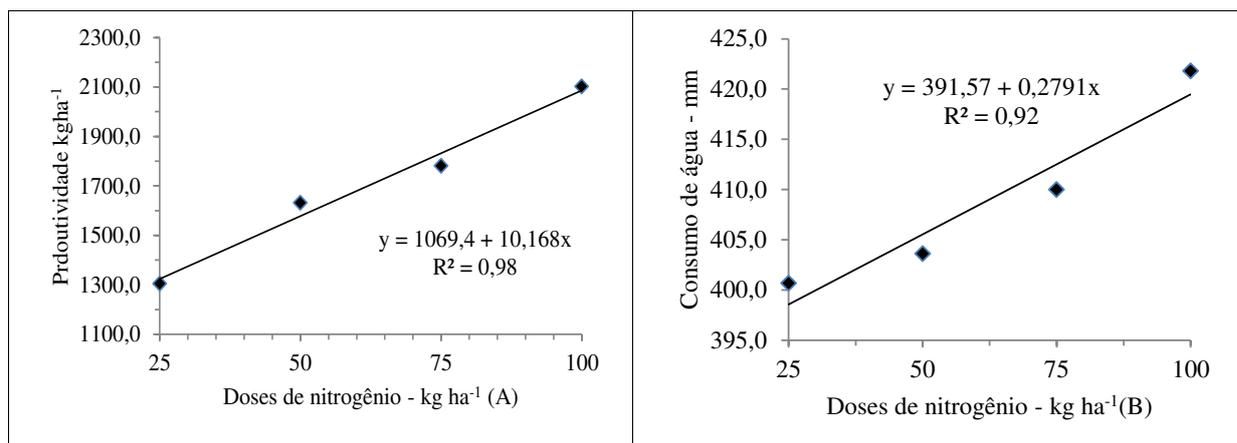
A produtividade média obtida por hectare foi de; 1052,7; 1505,7; 1795,6; 2189,6 e 2550,7 kg ha<sup>-1</sup> para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente. A resposta da cultura para os diferentes níveis de adubação nitrogenada foi de 1304,7; 1631,8; 1780,9 e 2102,3, para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

O consumo de água totalizou 298,9; 344,6; 404,6; 462,8 e 526,8 mm para os níveis de irrigação de 40, 55, 70, 85 e 100 % ETc, respectivamente. Com relação às lâminas aplicadas em função das diferentes doses adubação nitrogenada, verificam-se valores de 400,7; 403,5; 403,6 e 421,8 mm para as doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

O comportamento do girassol Hélio 360 submetido aos diferentes níveis de reposição de água em função da ETc, é apresentado na Figura 32, verifica-se tendência de aumento linear na produtividade média de sementes do girassol Hélio 360 e na lâmina de irrigação aplicada, cujo aumento unitário da produtividade de sementes foi de 24,53 kg ha<sup>-1</sup> e de 3,82 mm para a lâmina de irrigação aplicada por aumento unitário do percentual de reposição de água da evapotranspiração da cultura, para os tratamentos; no que se refere às diferentes doses de nitrogênio verifica-se, através da Figura 33, que o aumento na produtividade foi linear crescente de 10,16 kg ha<sup>-1</sup> e de 0,279 mm para a lâmina de irrigação aplicada para o aumento unitário da adubação nitrogenada.



**Figura 32**– Produtividade (A) e lâmina de irrigação aplicada (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das lâminas de irrigação (% ETc).



**Figura 33**– Produtividade (A) e Lâmina de irrigação aplicada (B) do híbrido de girassol Hélio 360 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>).

## 6. CONCLUSÕES

- O híbrido de girassol Hélio 360 apresentou o mesmo comportamento com os tratamentos de água e adubação, tanto no primeiro como no segundo experimento (anos 2011 e 2012, respectivamente);
- O crescimento e o desenvolvimento do girassol aumentaram com as lâminas de irrigação observando-se que os níveis de água acima de 70% da ETC, proporcionaram uma taxa de crescimento e no desenvolvimento do girassol;
- A adubação nitrogenada com níveis crescentes proporcionou incremento no crescimento e no desenvolvimento do girassol;
- O teor de óleo das sementes do girassol aumentou com o nível de reposição das lâminas de irrigação e com o aumento das doses de adubação nitrogenada;
- A produtividade dos aquênios do girassol, variável importante do ponto de vista econômico, aumentou com a elevação dos níveis de disponibilidade hídrica no solo e com as doses de adubação nitrogenada;
- As lâminas de irrigação aplicadas no girassol aumentaram significativamente com a elevação das disponibilidades da evapotranspiração da cultura e do aumento das doses de nitrogênio no solo.

## 7. REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi - RN**. 2009. 56p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande.

ALLEN, RG, LS PEREIRA, D. RAES, E SMITH, M. Evapotranspiração da cultura: Diretrizes para requisitos de computação de água da cultura. Irr.& Escoamento.Papel 56. ONU-FAO, em Roma, Itália. 1998.

ANDRADE, S. J. **Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2000. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 28-33, jan./mar. 2008.

AZEVEDO, J. A.; AMABILE, R. F.; SILVA, E. M. **Requerimento de água, produtividade e qualidade de girassol em resposta a regimes de irrigação em solo de cerrado**. Planaltina: EMBRAPA, 1998. 8 p

BARROS V. S.; COSTA, R. N. T.; AGUIAR, J. V. Função de produção da cultura do melão para níveis de água e adubação nitrogenada no Vale do Curu - CE. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 2, p. 98-105, 2002.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BISCARO, G. A.; Machado, J. R.; Tosta, M. da S.; Mendonça, V.; Soratto, R. P.; Carvalho, L. A. de. **Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia- MS**. Revista Ciência e Agrotecnologia, v.32, p.1366-1373, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. **Nutritional disorders of sunflower**.

**Brisbane:** University of Queensland, 1987. 72 p.

BONO, A.; MONTO, Y. A. C.; BABINEC, F. J. Fertilización en girasol. resultados obtenidos en tres años de estudio. La Pampa: EEA INTA Guillermo Covas, 1999. (Publicación Técnica - Estación Experimental Agropecuaria Anguil, n.48).

BREMNER, P.M.; PRESTON, G.K. St GROTH, C.F. **A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle.** In: Water extraction. Australian Journal of Agricultural Research, v.37, p. 483 - 493, 1986.

CALAROTA, N. E.; CARVALHO, N. M. Efeitos da adubação nitrogenada sobre os conteúdos de óleo e proteína e a qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus*). Revista Brasileira de Sementes, v.6, n.3, p.41-48, 1984

CAMPELLO NETTO, M. S. C. et al. Manejo integrado de água no semi-árido brasileiro. In: CIRILO, J. A. et al. (Org.) *O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas*. Recife: ABRH – Editora Universitária UFPE, 2007. p.508.

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. de; MARQUES, C. R. G.; PANDOLFI, T. J. F.; PORTO, W. S.; CAMPOS, R. e FAGUNDES, R. A. **Informes de avaliação de genótipos de girassol, 2004/ 2005 e 2005.** Londrina: EMBRAPA Soja, 2006. p.118 (EMBRAPA Soja. Documentos, 271).

CARVALHO, D. B. de. **Análise de crescimento de girassol em sistema de semeadura direta.** Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais, v.2, p.63-70, 2004.

CARVALHO, D. B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v. 1/2, p. 41-45, 2002.

CASTIGLIONI, V.B.R., Balla, A., Castro, C., Silveira, J.M. **Fases de desenvolvimento da planta do girassol.** Documentos, EMBRAPA-CNPSO. n.58, 1994, 24 p.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A. **Cultura do girassol, tecnologia de produção**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1993. 16p. (Embrapa-CNPSO. Documentos, 67).

CASTRO, C., BALLA, A., CASTIGLIONI, V. B. R. et al. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Sci. agric.** [online]. Oct./Dec. 1999, vol.56, no.4, p.827-833.

CASTRO, C. de; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: Leite, R. M. V. B. de C. et al. (Ed.) **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. Cap. 9. p.163 – 218.

CASTRO, C. de; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio em girassol. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 827-833, 1999.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A. **A cultura do girassol: tecnologia de produção**. Documentos, EMBRAPA - CNPSO, n.67, 1996 a, 20 p.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A. **A cultura do girassol**. Circular Técnica, EMBRAPA - CNPSO, n.13, 1996 b, 38 p.

CASTRO, C. *et al.* **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA, 1997. 36 p.

CASTRO, C. de; Moreira, A.; Oliveira, R. F. de; Dechen, A. R. **Boro e estresse hídrico na produção do girassol**. Revista Ciência e Agrotecnologia, v.30, p.214-220, 2006.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura mensal março, 2012

DALL'AGNOL, A. ;VIEIRA, O. V.; Leite, R. M. V. B. de C.; Origem e histórico do girassol. In: Leite, R. M. V. B. de C. et al. (Ed.) **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. Cap. 9. p.1 – 12.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S.P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina**. v. 33, n.1, p. 2657-2668, 2012

EMBRAPA, 2008. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2008/janeiro/3a-semana/girassol-e-lternativa-para-producao-de-biocombustivel/searchterm=Girassol>.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 2a Ed. 1997, 211p.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação. **Crop Water Management. Sunflower**. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwater/sunflower.stm>. Acesso em: Abril 2008.

FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal Experimental Botany*, v.58, p.147-159, 2007.

FERNÁNDEZ, C. J.; MCINNES, K. J.; COTHREN, J. T. Water status and leaf area production in water- and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 1224-1233, 1996.

FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada a agronomia**. 3 ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p

FLECK, N. G.; SILVA, P. R. F. da. Efeitos da época de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do girassol, com e sem controle de plantas daninhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 6, p. 669-676, 1989.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. **A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potencial and perspectives of Jatropha plantations**. *Natural Resources Forum*. v. 29, p. 12-24, 2005.

GARRIDO, J. R., Combate à seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. (Ed.) "O Estado das Águas no Brasil – 1999". ANEEL/ MMA/ SRH – OMM, 1999, p. 285-318.

GIMINEZ, O. R.; BERENGENA, J. H.; MURIEL, J. L. F. Effect of different rates of water application to a sunflower crop. **Anales der Institute Nacional der Investigacion Agrarria, Produccion Vegetal**, Madrid, v. 5, p. 197-214, 1975.

GOMES, D. P. *et al.* Características agronômicas de genótipos de girassol cultivados em São Luís – MA. **Resta Caatinga**, v.20, n. 3, p. 213-216, 2007.

GÓMEZ-ARNAU, J. El cultivo del girasol. Hojas divulgadoras, n.20, p.1-31, 1988.

GUERRA, H. O. C. Física dos Solos. Campina Grande: UFCG, 2000. 173p.

JADOSKI, S. O. *et al.* Manejo da irrigação para maximização do rendimento de grãos do feijoeiro. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2003.

JESUS, K. N.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O.; MELO, P.; PRIMO, D. C.; CARVALHO, A. L. Desempenho agronômico do girassol submetido ao manejo de adubos orgânicos de diferentes qualidades no sertão paraibano. **ANAIS: 19ª Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol/7º Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol - Aracaju/SE**, p41-44 2011

KARADOĐAN, T.; AKGÜN, Í. **Effect of leaf removal on sunflower yield and yield components and some quality characters**. *Helia*, v.32, p.123-134, 2009.

KAKIDA, J.; GONÇALVES, N. P.; MARCIANI-BENDEZÚ, J.; ARANTES, N. E. **Cultivares de girassol**. Informe Agropecuário, 7(82):76-78, 1981.

KRIZEK, D. T. **Drenagem superficial para diversificação do uso do solo**: respostas das plantas ao excesso de água. [S.l.: s.n.], 1992.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado. C. H B. A. São Carlos. RIMA. 2000. 531p.

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

LIMA, L. A.; MISCHAN, M. M.; NEPTUNE, A. M. L. Efeitos isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento do girassol (*Helianthus annuus* L.). Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v.38, n.2, p.857-873, 1981.

LOZANOVIC, M.; STANOJEVIC, D. Effect of increasing nitrogen doses on important sunflower quantitative, biological, and morphological traits of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201p.

MANDARINO, J. M. G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: EMBRAPA, 1992. 25 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**, Ed. UFV, 318p. 2006.

MEDEIROS, J. F.; PEREIRA, W.; MIRANDA, J. E. C. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.2, p.23-29, 1990.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; RESTLE, J.; NEUMANN, M.; QUEIROZ, A.C.; COSTA, P. B.; MAGALHÃES, A. L. R.; DAVID, D. B. de. **Características fenológicas, produtivas e qualitativas de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.35, n.3, p.672 - 682, 2006.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (2004). Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro. Brasília (DF).

MORAIS, N. B. *et al.* Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 369-377, 2008.

MOTA, F.S. da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo : Nobel, 1983. 376p.

NAZARLI, H.; ZARDASHTI, M. R.; DARVISHZADEH, R.; Najafi, S. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. **Notulae Scientia Biologicae**, v.2, p.53- 58, 2010.

NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; REZAZADEH, Z. B.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. **Journal Desert**, v.12, p.99-104, 2008.

OLIVEIRA, I. R.; CARVALHO, H. W. L.; PORTELA, C. G.; MELO K. E.O. Avaliação de cultivares de girassol no estado de Sergipe. EMBRAPA. **Circular técnico**. v.53. Aracaju-SE, 2008

OXFORD Instruments. Oxford 4000: instructions manual. England, 1995. p. irr.

PEREIRA, F. C., et al. Manejo de plantas xerófilas no semiárido/Organizador,– Campina Grande: EDUFCG, 2013, 270.: il. color.

ROSSI, R. O. **Girassol**. Tecnoagro, 1998. 333 p.

ROZA, F, A. **Trocas gasosas foliares e crescimento de *Jatropha curcas* L. na fase reprodutiva sob estresse hídrico**. (Dissertação Mestrado) Ilhéus, Bahia, Brasil – UESC, 2010. 78p.

SAMENI, A. M.; MAFTOUN, M.; HOJJATTI, S. M.; SHEIBANY, B. Effect of fertilizer-N and herbicides on the growth and N content of sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 285-288, 1976.

**SANTOS, V. 9, n. 3, p. 38-44, jul – set , 2013. UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR. Campus de Patos – PB. [www.cstr.ufcg.edu.br](http://www.cstr.ufcg.edu.br) Revista ACSA: <http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/> Revista ACSA – OJS: <http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA> João Felinto dos Santos<sup>2\*</sup> José Alberto Calado Wanderley<sup>3</sup> José Raimundo de Sousa Júnior. AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO – ISSN 1808-6845 *Artigo Científico***

SCHEINER, J. D.; LAVADO, R. S. Soil water content, absorption of nutrient elements, and responses to fertilization of sunflower: a case study. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.22, n.2, p.369-377, 1999

SCHUCH, L. A. B.; MUNDSTOCK, C.M. Resposta do girassol a doses e ao parcelamento da aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3. p. 381-387, 1994.

SFREDO, G. J.; CAMPO, R. J.; SARRUGE, J. R. Girassol: nutrição mineral e adubação. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1984. 36 p. (Circular técnica, 8).

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. **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.

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

SMIDERLE, O. J. **Orientações gerais para o cultivo do girassol em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2000. (Embrapa informa, 8).

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, D; GIANLUPPI, V., Adubação nitrogenada, espaçamento e épocas de semeadura de girassol nos cerrados de Roraima. *In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Resultados de pesquisas da EMBRAPA Soja 2001: girassol e trigo*. Londrina: EMBRAPA, 2002. p. 24-29.

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, D; GIANLUPPI, V., Adubação nitrogenada, espaçamento e épocas de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. *In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Resultados de pesquisas da EMBRAPA Soja 2002: girassol e trigo*. Londrina: EMBRAPA, 2003. p. 33-39

STEER, B. T.; HOCKING, P. J. Leaf and floret production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) as affected by nitrogen supply. *Annals of Botany*, Oxford, v. 52, p. 267-277, 1983.

SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M.; SILVA, E. L.. Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software “Bubbler”. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 264-271, jan./abr. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TOUREIRO, C. M.; SERRALHEIRO, R. P.; Oliveira, M. R. Resposta das culturas do girassol e do milho a diferentes cenários de rega deficitária. **Revista de Ciências Agrárias**, v.30, p.33-47, 2007.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P. Carvalho, A. U. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.55, p.756- 762, 2003.

UNGER, P. W. *et al.* (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p. 775-794.

VIEIRA, O. V. **Características da cultura do girassol e sua inserção em sistemas de cultivos no Brasil**. *Revista Plantio Direto*, ed. 88, julho/agosto 2005. Passo Fundo – RS.

VRANCEANU, A. V. **El girasol**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379p.

WOLFE, D. W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T. C. et al. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration. nitrogen distribution. and yield. **Agronomy Journal**. Madison. v.80. p.859-864. 1988.

WRIGHT, G. C.; NAGESWARA RAO, R. C. Groundnut water relations. In. SMART, J. **The Groundnut Crop: Scientific Basis for Improvement**. London: Chapman & Hall. 1994. p. 281-335.

WRIGHT, G. C.; SMITH, R.G.; McWILLIAM, J. R. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and response. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.34. p.615- 626. 1983.

ZAGONEL, J.; MUNDSTOCK, C. M. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em duas cultivares de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1487-1492, 1991.

ZAGONEL, J.. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura e seus efeitos no rendimento e características agronômicas de cultivares de girassol: Porto Alegre: Faculdade de Agronomia. UFRGS, 1989. Dissertação de Mestrado.