



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

---



**NÍVEIS DIFERENTES DE NITROGÊNIO, BORO E IRRIGAÇÃO,  
AVALIANDO O DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO PARA O  
GIRASSOL**

**SUSANE RIBEIRO**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**AGOSTO/2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

---



**NÍVEIS DIFERENTES DE NITROGÊNIO, BORO E IRRIGAÇÃO, AVALIANDO O  
DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO PARA O GIRASSOL**

**SUSANE RIBEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

**PROF. DR. RONALDO DO NASCIMENTO**

**Orientador**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**AGOSTO/2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

---



**BANCA EXAMINADORA**

---

**Orientador:** Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento - DEAg / CTRN / UFCG

---

**Examinadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Soahd Arruda Rached Farias - DEAg / CTRN / UFCG

---

**Examinador:** Prof. Dr. Rogério Dantas de Lacerda - CT / IFRN

---

**Examinador:** Prof. Dr. Leoberto de Alcântara Formiga -- DAA / CCA / UEPB

---

**Examinadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Riuzuani Michelle Bezerra Pedrosa Lopes – DEER / CEAR / UFPB

**CAMPINA GRANDE - PB**

**AGOSTO/2014**

## **Níveis diferentes de nitrogênio, boro e irrigação, avaliando o desenvolvimento e produção para o girassol.**

**RESUMO:** O girassol apresenta ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas do Brasil, com maior tolerância à seca, ao frio e ao calor do que a maioria das espécies normalmente cultivadas no País. Entre os micronutrientes, o boro é essencial ao desenvolvimento das plantas superiores e a sua deficiência é mais comum que a de qualquer outro micronutriente. O girassol é sensível a baixos níveis de boro no solo, pouco eficiente na sua absorção e freqüentemente sintomas de deficiência são observados, principalmente nas fases de florescimento e maturação dos grãos. Enquanto que o nitrogênio é o macronutriente que mais limita a produção do girassol, seu excesso ocasiona decréscimo na porcentagem de óleo, doses elevadas podem aumentar a incidência de pragas e doenças.. Devido a sua importância como fonte potencial de energia renovável e a carência de informações sobre o sistema de produção do girassol, na região Nordeste do Brasil, em especial sob condições do semi-árido paraibano, objetivou-se avaliar a resposta da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), híbrido Hélio 253, relacionadas ao desenvolvimento e produção submetido a diferentes doses de nitrogênio e boro em diferentes níveis de água disponível. Neste sentido, tal experimento foi conduzido no período de março a junho de 2012, em casa de vegetação, no campus da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e desenvolvido em solo caracterizado no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, quanto aos aspectos físicos e químicos, em esquema fatorial (4 x 3 x 4), constituído por quatro doses de nitrogênio (30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>), três doses de boro (2; 3 e 4 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro níveis de reposição de água (125%, 100%, 75% e 50% da capacidade de campo (CC)), com três repetições, totalizando 144 unidades experimentais compostas por vasos com capacidade para 30 L. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SISVAR – ESAL – Lavras, MG, através do qual foi feita a análise de variância (ANAVA), aplicando-se os Testes F e de Tukey para a comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão para o fator quantitativo de água disponível. Avaliaram-se a altura de plantas, o diâmetro das hastes, o diâmetro dos capítulos, a área foliar, a fitomassa total e dos capítulos, o número de sementes por capítulo e o peso de 1000 sementes,.o volume de água aplicado e a eficiência do uso da água, Verificou-se que a irrigação com níveis ascendentes e associado a doses crescentes de adubação nitrogenada e borácica, aumentou todos os índices de crescimento e/ou desenvolvimento das plantas de girassol, bem como na sua produtividade.

**Palavras-Chave:** *Helianthus annuus* L., Nitrogenio, Boro, Manejo da irrigação, Demanda de água.

## **Different levels of nitrogen, boron and irrigation, assessing the development and production for sunflower.**

**ABSTRACT:** The sunflower has wide adaptability to soil and climatic conditions in Brazil, with increased tolerance to drought, cold and heat than most species normally grown in the country. Among the micronutrients, boron is essential to the development of higher plants and its deficiency are more common than any other micronutrient. The sunflower is sensitive to low levels of boron in the soil, the less efficient absorption and symptoms of deficiency are frequently observed, especially at the stages of blossoming and ripening of the grains. While nitrogen is the macronutrient most limiting production of sunflower, its excess causes a decrease in the percentage of oil, high doses may increase the incidence of pests and diseases. Due to its importance as a potential source of renewable energy and the lack of information about the system of sunflower production in Northeast Brazil, especially under conditions of semi-arid region of Paraíba, aimed to evaluate the response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid Helium 253, related to development and production under different levels of nitrogen and boron in different levels of available water. In this sense, such an experiment was conducted in the period from March to June 2012 in a greenhouse at the Federal University of Campina Grande (UFCG) campus and developed in the Laboratory of Soil characterized Irrigation and Salinity - LIS, as the physical aspects and chemical, factorial (4 x 3 x 4), consists of four levels of nitrogen (30, 60, 90, 120 kg ha<sup>-1</sup>), three doses (2, 3 and 4 kg ha<sup>-1</sup>) and four levels of water replacement (125%, 100%, 75% and 50% of field capacity (CC)), with three replications, totaling 144 experimental units composed of vessels with a capacity of 30 L. the data were statistically analyzed using -if the SISVAR program - ESAL - SE Brazil, through which the analysis of variance (ANOVA) was performed, applying the F and Tukey tests for comparison of the treatment means and regression analysis to the quantitative factor available water. Were evaluated plant height, the diameter of the rods, the head diameter, leaf area, total biomass and chapters, the number of seeds per chapter and the weight of 1000 seeds, .o volume of water applied and the efficiency of water use, it was found that irrigation with upward and associated with increasing doses of nitrogen fertilization and borónica levels increased all indices of growth and / or development of sunflower plants, as well as their productivity.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L., Nitrogen, Boron, Irrigation management, Water demand.

## SUMÁRIO

## 1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.), família *Asteraceae*, é originária da América do Norte e, atualmente, cultivada em todos os continentes, em área que atinge, aproximadamente, 18 milhões de hectares (EMBRAPA, 2002). É ampla a sua adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, pois seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (CASTRO et al., 1993). É uma espécie extremamente versátil, tendo como principais produtos o óleo, produzido de suas sementes, ração animal, além de ser utilizada na alimentação humana e como planta ornamental.

Atualmente, o girassol ocupa cerca de 100 mil hectares no País. No Cerrado, o girassol é uma opção preferencial como segundo cultivo no verão (safrinha). Segundo os pesquisadores da Embrapa, há perspectivas de crescimento da área cultivada com girassol no País, por causa 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, bem como a possibilidade de exportação de grãos e óleo (EMBRAPA, 2008).

Existe um crescente interesse da sociedade mundial por fontes alternativas de energia, principalmente aquelas que contribuem para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, característica das fontes tradicionais de energia fóssil, e que venham suprir a escassez dos combustíveis derivados do petróleo. A obrigatoriedade do uso de misturas com 2% de biodiesel (B2) e a adição, em caráter voluntário, de 5% de Biodiesel ao diesel, pelo Governo Federal Brasileiro, é o passo inicial para reduzir o uso de óleo diesel e desencadear ações de pesquisa sobre óleos vegetais.

Com a necessidade de se produzir 800 milhões de litros de biodiesel para atender a demanda interna do Brasil (volume correspondente aos 2% de biodiesel que deverão ser misturados ao diesel), torna-se imprescindível a expansão da área agrícola e o aumento da produtividade da cultura do girassol e do teor de óleo do grão, o que depende, dentre diversos fatores, da adequada nutrição mineral das plantas.

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura que tem se destacado por ser a quarta oleaginosa produtora de óleo vegetal comestível e a quinta em área cultivada no mundo, abrangendo uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares. Responde por cerca de 13%

de todo óleo vegetal produzido no mundo apresentando índices crescentes de produção e área plantada (SMIDERLE *et. al* 2004). Os maiores produtores mundiais são a Rússia, a Argentina e os Estados Unidos (OLIVEIRA; VIEIRA, 2004). A demanda mundial pelo óleo de girassol vem crescendo, em média, 1,8% ao ano, no Brasil, crescem em média, 13%. Para suprir essa demanda, o país importa o óleo, principalmente da Argentina. (SMIDERLE *et al.*, 2004).

No Brasil o cultivo de girassol é relativamente recente, assim, poucas informações estão disponíveis sobre o comportamento de genótipos nas áreas produtoras de grãos em diferentes sistemas de produção. Devido à interação entre genótipo e ambiente, presente nas espécies vegetais, torna-se necessária a avaliação contínua de genótipos de girassol. Esta avaliação visa conhecer o comportamento agrônomico e a adaptação dos genótipos nas condições brasileiras, a fim de colocar a disposição dos agricultores materiais produtivos com alto teor de óleo e resistentes às doenças, garantindo a estabilidade do setor produtivo e industrial (OLIVEIRA; VIEIRA, 2004).

Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o crescimento e a produção do híbrido de girassol Hélio 253, cultivado em vasos e submetido à adubação nitrogenada, borácica e irrigação, para que se possa expressar todo o potencial produtivo do girassol, estabelecendo fronteiras entre os limites mínimos de produtividade versus disponibilidade de água para culturas economicamente reconhecidas como adaptadas e/ou viáveis à região Nordeste do Brasil.,

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar os efeitos do híbrido de girassol Helio 253 zoneado para a região Nordeste do Brasil, em relação à fertilização mineral e aos níveis de reposição de água.

### **2.2. Específicos**

- Avaliar os parâmetros de crescimento e desenvolvimento das plantas de girassol em relação às doses de nitrogênio, boro e níveis de água disponível no solo;
- Identificar a melhor combinação entre nitrogênio, boro e água disponível no solo para o desenvolvimento das plantas de girassol;
- Avaliar o efeito dos tratamentos na produção e teor de óleo das sementes do girassol;
- Estabelecer níveis mínimos de água disponível que apresentem máximas produções e melhor qualidade de sementes;
- Eficiência do uso da água.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. A Cultura do girassol

Por muito tempo acreditou-se ser o girassol procedente do Peru. Ainda que não houvesse provas que demonstrassem a existência de dita espécie na América do Sul durante a época pré-colombiana, Dodonaeus chamou a planta, em 1568, de “flor de ouro do Peru”, Posteriormente, em trabalhos de Linneo (1753) e De Candolle (1828) discutiu-se que o girassol poderia ser originário do México, Canadá, Estados Unidos e, inclusive, do Brasil (VRÂNCEANU, 1977).

Existem várias versões sobre a origem do girassol. Pensava-se que era originário do Peru, mas na realidade atribuiu-se sua origem a alguma parte da América do Norte. A introdução na Europa realizou-se a partir do México, dos Estados Unidos e do Canadá. Podemos hoje afirmar que o girassol é originário do sudoeste dos Estados Unidos e do México (ROSSI, 1998). Ungaro (1982) também afirma que o girassol é uma planta nativa da América do Norte, e que sua introdução na Europa deve-se aos espanhóis, no século XVI. CAVASIN (2001) descreve que estudos arqueológicos, de vários locais nos Estados Unidos, comprovam seu uso entre as tribos indígenas, existindo referências de seu cultivo no Arizona e no Novo México. Outros estudos dão conta da existência de um girassol monocefálico (de uma cabeça só), que teria sido domesticado muito antes do milho na América do Norte.

A planta teve origem nos Estados Unidos e México, mas apesar de introduzida na Europa, teve um maior desenvolvimento na União Soviética, sendo famosos os girassóis da Rússia, sua principal cultura, atualmente. Esse país é também o maior produtor do mundo, seguido dos Estados Unidos e da Argentina (SILVA, 1990).

Segundo Rossi (1998), o girassol parece ter sido introduzido na Europa em finais de século XVI. Entrando pela Península Ibérica, rapidamente espalhou-se para a França, Itália e países do Leste europeu. Foi conhecido com diferentes denominações como “Planta solis”, “Copa di Giovi”, “Tromba D’Amore”, “Grand Soleil”, “Sonnenblume”, “Tournesol” e outros.

Existem espécies perenes e anuais. A espécie *Helianthus annuus* L., mais amplamente difundida, cresce nos terrenos cultivados. As espécies perenes encontram-se distribuídas no

Centro-Oeste dos Estados Unidos, sendo algumas consideradas como precursoras do gênero *Helianthus*, por suas raízes pivotantes. (ROSSI, 1998).

Em princípios do século XVII teve início a sua utilização como planta oleaginosa, para a extração de azeite e a verdadeira difusão da cultura do girassol na Europa. Na União Soviética, a cultura foi introduzida no início do século XVIII, principalmente na Ucrânia, passando depois rapidamente a outras regiões, tornando-a durante muitos anos o maior produtor mundial desta oleaginosa, exportando seus excedentes a diversos países europeus, os quais, comprovando as excelentes características do óleo de girassol, transformaram-no no óleo comestível de sua preferência (ROSSI,1998).

Para Cavasin (2001) o girassol foi introduzido na Rússia com planta ornamental no início do século XVIII, sendo utilizado em escala comercial somente a partir de 1830. Desde então a produção de óleo tomou impulso e, já no século XX, existiam fábricas de processamento de hastes para extração de potássio (hastes secas contêm 5% de K).

Na Argentina, a cultura foi introduzida por imigrantes israelenses e russos no ano de 1873, que a cultivavam para o consumo dos seus animais domésticos. A primeira fábrica de óleo de girassol foi instalada em 1923 na Argentina, promovendo-se desde essa data uma rápida expansão da cultura. Na década de 70, com a expansão de sementes híbridas melhoradas e conseqüente aumento dos rendimentos, a área de plantio aumentou (ROSSI,1998).

Nos Estados Unidos, o cultivo do girassol como oleaginosa começou em meados de 1976, sendo cultivado para produzir grãos para consumo direto, utilizando variedades com baixo teor de óleo. Depois de 76, começaram a ser introduzidas variedades com alto teor de óleo oriundas da União Soviética (ROSSI,1998).

No Cone Sul latino americano, observa-se uma rápida expansão da cultura do girassol no Uruguai, Paraguai, Bolívia e, ultimamente no Brasil. Esse desenvolvimento leva em consideração a necessidade de rotação de culturas na preservação da fertilidade dos solos, limitando a monocultura da soja como gerador de maiores e melhor distribuídos recursos financeiros (ROSSI, 1998).

Presume-se que, no Brasil, o cultivo do girassol tenha sido iniciado na época da colonização, principalmente na região sul, com a introdução do hábito do consumo de suas sementes torradas (UNGARO, 1982).

Carvalho & Nakagawa (2000), citam cinco aspectos fundamentais que caracterizam a importância das sementes: mecanismo de perpetuação da espécie, elemento modificador da história do homem, alimento, fonte de pesquisa e inimigo do homem.

Como material de pesquisa, a semente apresenta algumas características que a tornam de incomparável valor, tais como o tamanho e forma, é também um órgão que usualmente se beneficia da desidratação e isto permite conservá-la em bom estado durante muito tempo.

A semente é um órgão que, não obstante uma organização morfológica muito simples, apresenta organização fisiológica e bioquímica altamente complexa, permitindo, praticamente, qualquer tipo de estudo da área da Biologia Vegetal (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

### **3.2. Características agronômicas e de produção da cultura do girassol**

A planta do girassol apresenta grande diversidade de características fenotípicas. Possui caule robusto e ereto, com ou sem pelos, geralmente sem ramificações, com diâmetro variando entre 15 e 90 mm. Quanto à altura, são observadas variações de 0,5 a 4,0 m (CASTIGLIONI et al., 1994; MELO, 2012). Suas folhas podem apresentar diversos formatos e tamanhos, são pecioladas, alternadas, com comprimento de 8 a 50 cm e número de folhas por caule variando entre oito e 70 cm (FRANK e SZABO, 1989). O sistema radicular é do tipo pivotante que, quando deixado após a colheita, promove uma considerável reciclagem de nutrientes e aumento da matéria orgânica do solo (CASTRO et al., 1996a).

A inflorescência desta espécie é do tipo capítulo com formação plana, convexa ou côncava com diâmetros de 6 a 50 cm, com número de flores variando de 100 a 8000 por capítulo (CASTRO et al., 1996b). As flores do disco produzem os frutos, denominados aquênios (grãos). As flores do raio, que são estéreis, servem para atrair insetos polinizadores, particularmente abelhas que propiciam a fecundação cruzada (CASTRO et al., 1996a).

Os aquênios, frutos do girassol, têm formas oblongas, geralmente achatada, composto de pericarpo (casca), mesocarpo e endocarpo, de tegumento e amêndoa, cor e teor de óleo variável conforme as características de cada cultivar. As amêndoas contêm baixo teor de fibras, entretanto são ricas em óleo e proteínas. Já a casca contém uma baixa percentagem de óleo (0,4 a 1,7%) e proteína bruta 1,7 a 4,5% com cerca de 50% de fibra crua (ABOISSA, 2005).

Devido suas características morfofisiológicas o girassol é indicado para a produção de ração animal e uso humano (alimentício ou farmacêutico). De uma tonelada de grãos pode ser extraído cerca de 400 kg de óleo, 250 kg de casca e 350 kg de torta para os animais, com 45% a 50% de proteína bruta por tonelada (LIRA et al., 2011).

Dentre os óleos vegetais, o óleo de girassol destaca-se por suas excelentes características físico-químicas e nutricionais. Possui alta relação de ácidos graxos poli-insaturados (69%) e saturados (11%) (Embrapa Soja, 2007), sendo que o teor de poliinsaturado é constituído, em grande parte, pelo ácido linoléico (69%). Por essas características, é um dos óleos vegetais de melhor qualidade nutricional e organoléptica do mundo (CASTRO et al., 1997; LIRA et al., 2011; MELO, 2012). Adicionalmente, esse óleo vem sendo também utilizado para a produção de biodiesel devido às suas qualidades excepcionais (LIRA et al., 2011).

O girassol possui ciclo vegetativo relativamente curto variando entre 90 a 130 dias. Em média, o florescimento ocorre 60 dias após a semeadura, possibilitando a fecundação cruzada. Em lavouras comerciais, durante a floração, as abelhas propiciam aumento da produção pela polinização de um maior número de flores, além de possibilitar completa fecundação das mesmas, ou seja, associada à produção de aquênios, a produção de mel pode ser outra fonte de renda, visto que chega a produzir de 30 a 40 kg de mel por hectare (LEITE et al., 2005; MELO, 2012).

Para o plantio do girassol são indicados os solos de textura média, profunda com boa drenagem, razoável fertilidade e pH variável de ácido a neutro (superior a pH 5,2) (LIRA et al., 2011).

A alta eficiência em explorar a água disponível no solo para seu desenvolvimento e sua tolerância à ampla faixa de temperatura, faz com que esta planta seja capaz de produzir grande quantidade de matéria seca sob condições de estresse hídrico, sem redução significativa da produção (CASTRO e FARIA, 2005).

Há dois tipos de girassol cultivados comercialmente: os cultivares com “baixo teor de óleo” e aqueles com “alto teor de óleo”. Os primeiros são originários da América do Norte, com plantas que crescem até uma altura de 2,4 a 3,6 m, têm maturação tardia, sementes compridas, com estrias, teor de óleo menor que 30%, e são consumidas “in natura” ou no preparo de ração para aves. O segundo tipo de girassol, na sua maioria de origem russa,

apresenta ciclo de maturação precoce, sementes pequenas, de cor preta, contendo acima de 40% de óleo e são processados para obtenção de óleo comestível (CONNOR; HALL, 1997).

Para o médio e grande produtor rural a cultura do girassol preenche necessidades de opção de rotação e sucessão de culturas com vantagens sobre outras plantas. Para o pequeno produtor, os grãos servem para a alimentação de aves e consumo humano. Além disso, a existência de uma micro usina de extração de óleo, acessível para cooperativas, associações de produtores e mesmo agricultores de médio porte, permite a extração do óleo a frio, que serve tanto para fins medicinais, como para uso doméstico, na propriedade ou mercado local (OLIVEIRA; VIEIRA, 2004).

As regiões potenciais são bastante distintas em relação ao clima, ao solo e à estrutura fundiária, caracterizando-se como áreas produtoras de grãos, por apresentarem infra-estrutura necessária à produção de girassol (OLIVEIRA; VIEIRA, 2004).

### **3.3. Importância econômica da cultura do girassol**

O girassol apresenta características importantes como maior resistência à seca, ao frio e ao calor que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil. Apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela altitude e pelo fotoperíodo. Dentre outras funções, as suas sementes são utilizadas para extração de óleo de alta qualidade para consumo humano e para fabricação de ração animal. Devido a essas particularidades e a crescente demanda do setor industrial e comercial, a cultura do girassol está se tornando em uma importante alternativa econômica no sistema de rotação, consórcio e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (CARVALHO et al., 2003).

Segundo Cavasin (2001) o girassol está entre as quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível do mundo, ficando atrás da soja, do algodão e do amendoim. Fonte energética renovável, como fonte de proteína humana e animal, possui cultivo estimado em 20 milhões de hectares em todo mundo, sendo a Rússia, a Argentina e os Estados Unidos os maiores produtores.

Se existisse uma planta ideal, cujo aproveitamento fosse máximo, o girassol estaria bem perto desta realidade. As raízes pivotantes promovem uma considerável reciclagem dos nutrientes, além da matéria orgânica produzida pela sua morte e subsolagem natural pela

profundidade que atingem. As hastes servem tanto para silagem como para adubação. Suas sementes podem ser consumidas em rações ou pelo homem. Delas se extrai o óleo vegetal comestível mais cobiçado atualmente pelos naturalistas, comprovadamente recomendado nas prevenções e enfermidades relacionadas aos problemas do coração, produzidos pelo excesso de colesterol (CAVASIN, 2001).

Dentre as fontes energéticas renováveis, a exploração racional da cultura do girassol representa hoje uma alternativa de grande importância, não só pela renda que pode agregar à atividade agrícola, mas como fonte de proteína de alto valor biológico para alimentação humana e animal. É uma cultura de comportamento rústico e seu índice de adaptabilidade edafoclimático (condições específicas de solo clima) é excelente. Por tudo isso, encaixa-se perfeitamente na rotação de culturas, tanto para a diversificação produtiva, como pela conservação do solo. A produção de massa verde fica entre 20 e 40 t ha<sup>-1</sup>, o que corresponde a algo em torno de 2 a 4 t. de matéria seca, a qual pode ser até 7 t ha<sup>-1</sup> ou mais, dependendo do cultivar e das condições edafoclimáticas (CAVASIN, 2001).

Segundo Cavasin (2001), além do teor de ácidos graxos polinsaturados em seu óleo, possui boa relação óleo/farelo, (em torno de 3:2), o girassol conta ainda com as seguintes vantagens para determinar seu êxito como cultura em nosso país, permite o uso da terra em épocas não-tradicionais; a torta de girassol, subproduto da extração do óleo, possui 36% de proteína e 24% de fibras, podendo ser usada com sucesso na alimentação animal, oferecendo uma boa alternativa à soja e/ou rações; se adapta a diferentes condições climáticas, permitindo plantio em diferentes regiões e em diferentes épocas; possui efeito alelopático a plantas daninhas; pode perfeitamente ser usado em sucessão, em consorciação e/ou rotação de culturas.

O óleo possui características medicinais comprovadas, sendo muito recomendado para as pessoas em tratamento de doenças do coração e, inclusive, pessoas portadoras de esclerose múltipla vêm sendo tratadas com óleo de girassol bruto (sem refino) com muito sucesso; pode ser usado como silagem na alimentação animal, com custo de produção muito menor que o milho e proteína superior. A silagem do milho gira em torno de U\$ 22,00 t<sup>-1</sup> e a silagem de girassol não chega a U\$ 15,00 t<sup>-1</sup>. A proteína bruta da silagem de girassol está em torno de 12%, na semente seca temos 24% e 50,3% no farelo; e promove reciclagem de nutrientes, pois, em uma produção de 2500 Kg ha<sup>-1</sup> de grãos, pode restituir ao solo após a colheita aproximadamente 50 kg de N, 25 Kg de P e 225 kg de K, além de 7 toneladas de matéria seca,

equivalentes a 1500 kg de húmus; produz ainda em torno de 1000 litros de óleo comestível e 500 kg de torta com 36% de proteína.

Rossi (1998) destaca que a finalidade da produção do girassol é a elaboração de óleo comestível e o aproveitamento dos subprodutos da extração, tais como tortas, ‘expeller’ e/ou farinhas para rações balanceadas para alimentação animal. Mais de 90% da produção mundial de girassol destina-se à elaboração de óleo comestível, e a maior parte dos 10% restantes, para a alimentação de animais (pássaros) e consumo humano direto.

O valor nutritivo do óleo de girassol é importante devido à presença de vitaminas lipossolúveis, sendo esta última o mais importante anti-oxidante dos óleos vegetais e também um importante conservante da vitamina A. Considerando a presença de um percentual maior de colesterol no organismo humano, como o responsável pela frequência de doenças cardiovasculares e o aumento dessa porcentagem ligado à assimilação de ácidos graxos saturados, espera-se que, reduzindo-se a participação destes em relação aos insaturados e poli-insaturados (especialmente o linoléico), possa haver uma redução dessas doenças. A questão têm levado o óleo de girassol a ser reconhecido como excelente para ser utilizado na preparação de alimentos por portadores de problemas cardiovasculares (ROSSI, 1998).

Para Castro et al. (1997) dentre os óleos vegetais, o óleo de girassol destaca-se por suas excelentes características físico-químicas e nutricionais. Possui alta relação de ácidos graxos polinsaturados/saturados (65,3%/1,6%), sendo que o teor de polinsaturados é constituído, na sua quase totalidade, pelo ácido linoléico (65%), em média.

Outra particularidade importante é o uso do óleo de girassol como biodiesel. A CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) da Secretaria de Estado da Agricultura de São Paulo, tem efetuado pesquisas que utilizam o óleo de girassol como substituto do óleo diesel para os motores de tratores. Profissionais da área explicam que o girassol é uma oleaginosa com muito potencial, pois sua produtividade alcança 40% de óleo vegetal, ou seja, de cada 100 kg de semente é possível extrair 40 kg de óleo vegetal. Isso pode representar uma produção de cerca de 800 kg de óleo por hectare. A forma de obtenção do óleo é extremamente simples, feita a partir da prensagem mecânica, flitragem e decantação. Além disso é um óleo orgânico, sem nenhum aditivo químico ou agrotóxico (YOKOMIZO,2003).

Os extensionistas da CATI apontam para outra grande vantagem do biodiesel: “O potencial do país para se abastecer do biodiesel é de 100%. Podemos nos livrar da dependência

do petróleo”. O biodiesel tem seu espaço em todos os motores sem qualquer adaptação, podendo ser utilizado integralmente ou em misturas. É 78% menos poluente e contém mil vezes menos enxofre que o diesel do petróleo (YOKOMIZO,2003).

A Medida Provisória nº. 214/04 propõe modificações na Lei do Petróleo introduzindo pela primeira vez na legislação nacional a expressão biodiesel. Com a medida provisória, será obrigatória a mistura de 2% de qualquer biodiesel no diesel (BOA,2004).

### **3.4. Requerimentos nutricionais para a cultura do girassol**

Diversos fatores influenciam na absorção e na disponibilidade de nutrientes do solo, ou seja, a capacidade de exploração do sistema radicular da planta, as propriedades do solo e seu manejo, as condições climáticas, e a disponibilidade de água são aspectos fundamentais para se obter uma planta bem nutrida.

A quantidade de água requerida pela cultura ainda não está bem definida, mas na maioria dos casos 400 a 500 mm de água bem distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo (UNGER, 1990; CASTRO & BOUÇAS FARIAS, 2005).

A exigência nutricional da cultura de girassol varia em função da fase de desenvolvimento em que se encontra. Na fase vegetativa, ou seja, ciclo inicial de desenvolvimento, o girassol necessita de pouca quantidade de nutrientes. Castro & Oliveira (2005) verificaram que a maior absorção de nutrientes e água e, conseqüentemente, maior desenvolvimento ocorre a partir desse momento até o florescimento pleno. Segundo Hooking & Steer (1983) este período é bastante importante na definição do potencial produtivo das plantas.

Dos 28 aos 56 dias DAE existe um rápido aumento na exigência nutricional. Nas fases de florescimento e início do enchimento de aquênios, entre os 57 e 84 dias, ocorre uma diminuição gradativa na velocidade de absorção de nutrientes quando se alcança o nível máximo de acúmulo em quantidades variáveis para cada nutriente (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

Finalmente, o período que se estende até o final do enchimento de aquênios, é caracterizado por translocação intensa, principalmente de nitrogênio e fósforo dos órgãos

vegetativos para os reprodutivos, demonstrando uma alta exportação, a qual é de aproximadamente 56 a 70 % do total acumulado. Para o potássio apenas uma quantidade pequena é acumulada nos aquênios e exportada 7 % do total absorvido pela planta, mas precisa concentrações elevadas no caule e no capítulo para obter um bom desenvolvimento. Outros nutrientes como cálcio e boro também apresentam taxas de exportação reduzidas (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

Trabalhos de diversos autores (TREZZI et al., 1994; UNGARO et al., 2000) demonstraram que o girassol é uma cultura que melhora a qualidade do solo, promovendo a ciclagem de nutrientes mediante a mineralização dos restos culturais ao longo do perfil, beneficiando, dessa forma, o desenvolvimento e a melhoria do estado nutricional das culturas subseqüentes, representando uma boa alternativa para rotação de culturas.

#### **3.4.1. Exigências de fertilizantes e adubação pela cultura do girassol**

O girassol acumula grandes quantidades de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, porém sua resposta à adubação é limitada. Seu sistema radicular profundo proporciona maior exploração e auxilia no melhor aproveitamento da fertilidade natural dos solos e das adubações dos cultivos anteriores, absorvendo nutrientes das camadas mais profundas. Entretanto, grande parte destes nutrientes retorna ao solo, após a colheita, através da palhada (folhas, caule, capítulos), além das raízes que ajudam as culturas que sucedem o girassol (CASTRO et al. 1997).

Conforme alguns trabalhos realizados para determinar as necessidades adequadas de N, P, e K nos estados produtores de girassol do Brasil, na maioria dos experimentos, observaram-se que as máximas produtividades foram alcançadas com quantidades de nutrientes inferiores as recomendadas para outras culturas, como a soja (EMBRAPA, 2004), o milho (COELHO et al., 2005) e o trigo (EMBRAPA, 2005).

De modo geral, as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio recomendadas para o cultivo do girassol, variam de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Entretanto, na literatura são encontradas recomendações com diferentes combinações destes elementos, em decorrência das condições edafoclimáticas e tipo de variedade que está sendo cultivada. Castro & Oliveira (2005), por exemplo, recomendam a adubação do girassol

utilizando doses entre 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, devendo se utilizar em solos com médio teor de fósforo e potássio, 18 kg ha<sup>-1</sup> e 33 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Quaggio & Úngaro (1997), indicam para o Estado de São Paulo, aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, 20 a 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Com base em avaliações experimentais, a produção máxima de girassol é alcançada com 80 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, contudo, com aplicação de 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N obtém-se 90% da produção relativa máxima, correspondendo à quantidade do nutriente economicamente mais eficiente (Smiderle et al., 2002).

Lima et al. (2010) avaliando tratamentos de boro, constituídos de doses referentes à 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 kg ha<sup>-1</sup> de boro, observaram que a dose de 3 kg ha<sup>-1</sup> de boro maximizou a altura da planta e o diâmetro do caule com valores de 118,35 cm e 17,35 mm, respectivamente; já a produtividade máxima de 2.442,34 kg ha<sup>-1</sup> foi obtida com a dose de 4 kg ha<sup>-1</sup> de boro. Oliveira e Silva (2005) verificaram que as doses de 1 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de boro não influenciaram significativamente na altura das plantas e no diâmetro do caule do girassol. Do mesmo modo, Bonacin (2002), avaliando a aplicação de doses crescentes de boro (de zero a 4,0 kg ha<sup>-1</sup>), no girassol cultivado em vasos, com Latossolo Vermelho, observou que não houve diferença significativa das doses do elemento na altura das plantas e no diâmetro do caule. Isto mostra que as doses de boro não estão definidas para a cultura do girassol, ou seja, há uma variação do efeito do boro nas plantas em relação às diferentes variedades e em que solos e condições climáticas são cultivadas. Porém, a presença do boro, mesmo na dose mais baixa, é importante para o desenvolvimento das plantas.

As fases do desenvolvimento da planta mais sensíveis ao déficit hídrico são do início da formação do capítulo ao começo da floração (afeta mais o rendimento de grãos) e da formação e enchimento de grãos, que é a fase de maior consumo de água pelo girassol (afeta mais a produção de óleo). De uma forma bastante prática, a fase mais crítica ao déficit hídrico é o período compreendido entre cerca de 10 a 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final da floração (Embrapa, 2000). Apesar dessas informações, e de outras disponibilizadas na literatura, as necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas, podendo variar de 200 a 900 mm/ciclo, o que se constituiu um incentivo para novas pesquisas nesta área (Embrapa, 2000).

### 3.4.1.1. Nitrogênio (N)

No sistema solo-planta, o nitrogênio mineral é absorvido nas formas de nitrato ou amônio, o qual entra em contato com as raízes das plantas preferencialmente pelo fluxo de massa (MALAVOLTA et al., 1997).

No solo, o nitrogênio apresenta diversas formas orgânicas e inorgânicas que estão dinamicamente equilibradas por meio do ciclo do N, o qual é bastante complexo. O nitrogênio pode se incorporar no sistema solo-planta a partir dos restos culturais, por processos de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzida por descargas elétricas (RAIJ, 1991). O N é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos, e o principal nutriente para a obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais. Nas oleaginosas, o nitrogênio determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e 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).

Para a cultura do girassol, o nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido, o qual absorve 41 kg de N por 1000 kg de grãos produzidos, podendo ser tanto a partir da adubação quanto através de restos culturais, exportando 56 % do total absorvido (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Entretanto, Blamey et al. (1997) argumenta que o nitrogênio é o maior limitante nutricional na produtividade do girassol, proporcionando redução de até 60 % de seu potencial de produção em decorrência da sua deficiência.

Avaliações experimentais indicam que com 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, obtém-se 90% da produção relativa máxima, o qual corresponde à quantidade do nutriente economicamente mais eficiente. Também se verificou que com 80 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N é alcançada a produção máxima do girassol (SMIDERLE et al., 2002; SMIDERLE et al., 2004; CASTRO et al., 2004).

Para o Estado de Minas Gerais recomenda-se a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo aplicado 1/3 na adubação de base e 2/3 na cobertura (COMISSÃO, 1989). Recomendações nitrogenadas para a cultura de girassol no Estado de São Paulo indicam aplicações de 50 kg ha<sup>-1</sup>

de N, distribuídas 10 kg ha<sup>-1</sup> em base e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura (QUAGGIO & UNGARO, 1997).

O excesso de nitrogênio provoca crescimento excessivo do girassol, tornando as folhas mais sensíveis, favorecendo assim a incidência de doenças e pragas no cultivo, além de problemas com acamamento (VRANCEANU, 1977).

Pesquisando o efeito do tempo de fertilização nitrogenada sob o rendimento de grãos e óleo de girassol, Moghaddasi et al. (2011), concluíram que a adubação nitrogenada durante a formação da haste aumentou o peso de 1000 sementes, número de sementes por capítulo, diâmetro do capítulo e percentagem de óleo.

Di Giorgio et al. (2007) pesquisando a aplicação de nitrogênio em genótipos de girassol sob condições semiaridas italiana, verificou diferenças significativas sobre o diâmetro externo do capítulo e índice de área foliar com o aumento das doses de nitrogênio. No entanto, a elevação das doses de N não afetou estatisticamente o peso de 1000 sementes, a altura de plantas nem o diâmetro interno do capítulo. Para Fagundes et al. (2007), fontes e doses de N aumentaram o número de folhas, altura final de plantas e área foliar do girassol cultivado em vaso.

Com o aumento das doses, o fornecimento de nitrogênio nas doses de 100, 160 e 220 kg ha<sup>-1</sup> elevou o índice de colheita, produção de sementes, peso de 100 sementes, produção de biomassa e conteúdo relativo de água do girassol cultivado em West-Azerbaijan, Irã (GHOLINEZHAD et al., 2009). Em outra pesquisa, Gholinezhad et al., (2011), registraram efeito estatístico do teor de proteína e redução do filocromo com o aumento das doses de nitrogênio.

#### **3.4.1.2. Boro (B)**

O boro é um micronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a sua deficiência tem sido relatada em diversas partes do mundo (Silva e Ferreyra, 1998). Nos solos brasileiros, o boro é o micronutriente que, frequentemente, se encontra deficiente, limitando assim a produção das culturas. A importância do boro para as plantas tem sido crescente, devido principalmente à expansão da agricultura em áreas de baixa fertilidade natural e sob condições de alta pluviosidade.

O boro ocorre no solo em quatro principais formas: em rochas e minerais, adsorvido na superfície de argilas e sesquióxidos, em ligações com a matéria orgânica e como ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) e  $B(OH)_4$  - na solução do solo. A relação entre essas formas determinam a sua disponibilidade no solo e também sua absorção pelas plantas. A disponibilidade do boro no solo e seu aproveitamento pelas plantas é influenciado por diferentes fatores tais como textura do solo, pH, condutividade elétrica, calagem, matéria orgânica e umidade do solo (Castro, 1999).

Entre os micronutrientes, o girassol é altamente exigente pelo boro, sendo umas das plantas utilizadas como indicadora de deficiência deste nutriente no solo. Segundo Malavolta (1997), a fonte de boro no solo mais importante, é matéria orgânica, que através da mineralização libera-o para a solução do solo, e em nossos solos os teores de boro situam-se entre  $0,06 - 0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ .

A carência de boro geralmente é causada por calagens excessivas, solos pobres em matéria orgânica e excesso de chuva. O boro é um elemento de baixa mobilidade dentro da planta, sendo que seus sintomas de carência aparecem primeiramente nos órgãos novos e regiões de crescimento. No girassol, os sintomas de deficiência de boro aparecem principalmente nas fases de florescimento e de enchimento de aquênios, caracterizando-se pela redução do crescimento de folhas novas que ficam deformadas e necróticas. No capítulo, os sintomas ocorrem desde início da floração, determinando redução do tamanho e deformação em vários níveis (Leite et al., 2005).

O girassol é uma planta muito responsiva à aplicação de boro (Shorrocks, 1997) e, freqüentemente, produz menos que  $800 \text{ kg.ha}^{-1}$  de sementes, podendo atingir de 2.000 a 3.000  $\text{kg.ha}^{-1}$  de sementes com a adição desse nutriente (Birch *et al.*, 1981). Outros autores citam que esta espécie é bastante exigente nesse elemento, cujos níveis e quantidades ótimas são relativamente mais altas do que para outras espécies (Gupta, 1993; Marschner, 1995).

Chatterjee e Nautiyaal (2000) verificaram sintomas de deficiência de B, tais como redução no crescimento e na produção de massa seca, menor teor de B nos tecidos, redução no tamanho da flor e peso de sementes em solo com  $0,033 \text{ mg.L}^{-1}$  de B. As sementes mostraram decréscimos nos conteúdos de açúcares não redutores, bem como nos de óleo e amido. O crescimento das raízes é rapidamente inibido (Shorrocks, 1997), sugerindo que esse elemento pode ser requerido para a manutenção da divisão e alongamento celular, ou ambos os processos (Josten e Kutschera, 1999).

A deficiência de B causa, principalmente, alterações anatômicas, fisiológicas e bioquímicas, sendo, entretanto, difícil distinguir entre os efeitos primários e secundários

(Shorrocks, 1997), o que pode segundo El-Shintinawy (1999), ocasionar o aparecimento de pigmentação marrom púrpura nas folhas. Esse autor verificou a ocorrência de altos níveis de peroxidase, enzima que causa a peroxidação das membranas, redução na reação de Hill e declínio na atividade do PSII, na deficiência do elemento. Lewis (1980) afirmou que a presença de B é um pré-requisito para a evolução vascular das plantas devido ao papel fundamental desse elemento na biossíntese da lignina.

### **3.4.1.3. Exigências hídricas da cultura do girassol**

Com relação ao consumo de água, o girassol não apresenta regulação adequada, extraindo quantidades consideráveis do solo. Isso ocorre devido a baixa resistência a difusão de água pelos estômatos e ao fato dos estômatos serem grandes e numerosos, principalmente na face inferior do limbo, além de uma baixa eficiência no uso da água, onde cada litro consumido produz menos de 2 g de matéria seca. A exigência hídrica varia de acordo com a fase de desenvolvimento da planta, ficando o total entre 600 e 1000 mm, dependendo do clima e do cultivar. Porém, as necessidades hídricas do girassol não se encontram plenamente definidas, sendo que em sua maioria, valores de 400 a 600 mm de água bem distribuídos durante o ciclo da planta são suficientes para resultarem em rendimentos próximos ao potencial máximo (UNGER, 1990; CASTRO & BOUÇAS FARIAS, 2005).

O girassol é comumente cultivado como uma cultura de sequeiro, embora não seja altamente tolerante à seca. Todavia, apresenta boa resposta à irrigação e acréscimos de rendimentos acima de 100% são comuns, em comparação com cultivos sem irrigação (ANDRADE, 2000).

Muitos pesquisadores têm apontado que plantas com sistema radicular profundo e vigoroso e com grande massa de raízes são mais tolerantes ao estresse hídrico, em função da absorção de água, nutrientes e ancoragem. Para o girassol esta característica também é válida, principalmente pelo fato que normalmente seu sistema radicular alcança a profundidade ao redor de dois metros (COX & JOLLIFF, 1986).

Doorenbos & Kassam (1994), afirmam que a porcentagem de água total utilizada pela cultura do girassol durante os diferentes períodos de crescimento é de aproximadamente, 20% durante o período vegetativo, 55% durante o período de floração e os 25% restantes, durante os períodos de formação da colheita e maturação. Em condições onde a evapotranspiração

máxima é de 5 a 6 mm/dia, a absorção de água é afetada quando o esgotamento estiver em torno de 45% da água total disponível no solo.

Unger (1990) explica que a água requerida pelo girassol varia de 600 a 1000 mm, dependendo do clima e do ciclo da cultura. Aumentos na evapotranspiração são observados no estabelecimento e florescimento da cultura, podendo ainda ser mantidos durante a formação das sementes e início da maturação.

Conforme Silva (1990), as necessidades hídricas para a cultura do girassol, no Brasil, ainda não estão bem definidas, mas de um modo geral variam de 200 a 900 mm por ciclo e os maiores rendimentos são obtidos na faixa de 500 a 700 mm, desde que bem distribuídos. Na irrigação do girassol deve-se calcular o volume de água, para uma profundidade de até 60 cm. Assim, de um modo geral, são utilizados de 5000 a 10000 m<sup>3</sup> de água por hectare, parcelada de acordo com as fases da planta e tipos de solo.

Carvalho et al. (2003) avaliando o desempenho produtivo de 14 genótipos de girassol nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, com semeadura em fevereiro/março, verificaram rendimento médio de aquênios de 1701 kg ha<sup>-1</sup>, teor médio de óleo nos aquênios de 40,3% e produção média de óleo nos aquênios em torno de 668 kg ha<sup>-1</sup>.

Gomes et al. (2003), trabalhando com a cultura de girassol, em Limeira-SP, com semeadura em junho, observaram incrementos de 28% e 44% na produtividade de grãos dos tratamentos irrigados nas fases críticas (aparecimento do botão floral e enchimento de grãos) e dos tratamentos irrigados durante todo o ciclo da cultura, respectivamente, quando comparados aos tratamentos não irrigados. Observou também aumento de 10% no peso médio de 1000 aquênios nos tratamentos irrigados (70,1 g) quando comparados com os tratamentos não irrigados (63,9 g).

Gomes et al. (2005) trabalhando com girassol irrigado, em Limeira-SP, nos anos de 2001, 2002 e 2003, observaram que sob severo estresse hídrico e sob estresse hídrico moderado, com suplementação hídrica nas fases de formação do botão floral e enchimento de grãos, a produção de grãos de girassol reduziu cerca de 30 e 17,2 %, respectivamente, em comparação com plantas sem restrição hídrica.

Para Naim e Ahmed (2010a) o intervalo na irrigação é papel fundamental para o estabelecimento das culturas e que, ultimamente, afeta a produtividade e compromete os estágios de crescimento. Ao analisarem o efeito do intervalo de irrigação e o espaçamento entre

linhas sob as características de crescimento do girassol, os autores registraram que nos tratamentos com maior número de irrigação as plantas foram mais desenvolvidas em altura, diâmetro do caule, área foliar e fitomassa seca da parte aérea.

Bajehbaj (2010a) estudando o efeito do déficit hídrico sobre as características químicas e fisiológicas de variedades de girassol, que o maior tratamento de aplicação de água (210 mm de evaporação do tanque classe “A”) elevou a resistência estomática, número de estômatos na parte abaxial e número de sementes, entretanto, nos tratamentos sob estresse hídrico foi verificado conteúdo relativo de água na folha, comprimento e rendimento dos grãos.

Segundo Bakht et al (2010b) que cultivando girassol em Islamabad, Paquistão, avaliaram o efeito de quatro regimes hídricos em referência a fisiologia e ao rendimento dessa cultura e constataram tendência linear crescente na fenologia, índice de área foliar e no rendimento de sementes.

A maioria dos componentes estudados por Gomes et al. (2010), respondeu de maneira linear, independente da fase analisada. Não houve baixa produtividade da cultura do girassol com ausência de irrigação, igual a  $2271 \text{ kg ha}^{-1}$ , no entanto, a maior produtividade,  $3063 \text{ kg ha}^{-1}$ , foi alcançada por meio da irrigação que utilizou coeficientes de cultura iguais a 0,4, 0,8, 1,2, 0,8 e 0,4, nas fases 1,2,3,4 e 5, respectivamente.

Em pesquisa sobre irrigação suplementar com a cultura do girassol no Estado do Paraná, Gomes et al. (2012) afirmaram que as maiores lâminas de irrigação resultaram também em maior crescimento e produção dessa oleaginosa.

#### **3.4.1.4. Interação Adubação versus irrigação**

Resultados de pesquisa têm comprovado que as melhores respostas obtidas de produtividade do girassol associam a irrigação e a adubação adequada, com ênfase ao fato de que a cultura é particularmente sensível à deficiência de Boro (UNGARO, 1990), elemento este mais limitante ao cultivo do girassol, podendo causar perda total da produção em virtude de queda de capítulos. No entanto, Silva et al. (2007) encontraram, avaliando o efeito de lâminas de água de irrigação e níveis de boro sobre as características agrônômicas e componentes de produção de duas cultivares de girassol, aumento na produtividade em função apenas da irrigação. De acordo com esses autores, a irrigação proporcionou aumento na produtividade de grãos, de óleo e na altura das plantas, corroborando com Castiglioni et al. (1993), Castro (1999), Andrade (2000), Leite e Carvalho (2005), Lemos e Vasquez (2005) e Gomes et al. (2005).

A interação, nitrogênio versus manejo de irrigação, foi significativa para as variáveis fitomassa total, produção de aquênios e índice de colheita (KHALIQ e CHEEMA, 2005). Ainda segundo os autores, exceto para o índice de colheita, as doses de nitrogênio elevaram linearmente a matéria seca total e a produção de aquênios de girassol.

Silva (2010) estudando a produção de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, níveis de água e da seletividade de herbicidas, concluiu que o tratamento que corresponde a 100% de lamina de irrigação e 50% de dose de adubação, proporcionou a melhor resposta fisiológica e produtiva.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Localização**

O experimento foi desenvolvido no período de 10 de março a 10 de junho de 2012 em ambiente protegido do tipo casa de vegetação, pertencentes à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus I, Campina Grande, Paraíba., Tendo como coordenadas geográficas do local 7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste e altitude de 550 m (CARNEIRO et al., 2002). O município de Campina Grande está localizado na Microrregião Campina Grande e na mesorregião Agreste Paraibano do Estado da Paraíba. Sua área é 620,628 km<sup>2</sup> representando 1,0996% do Estado, 0,0399% da Região e 0,0073% de todo o território Brasileiro (IBGE, 2002).

### **4.2. Clima**

O clima da região, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil, é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, sub úmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno. A estação chuvosa se inicia entre janeiro e fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro (COELHO &SONCIN, 1982).

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5 °C, mínima de 19,2 °C e umidade relativa do ar de 83% (ALVES et al., 2009).

### **4.3. Solo**

O solo utilizado nesse experimento foi coletado em uma camada superficial (0 –20 cm) de uma área localizada no município de Campina Grande, distrito de São José da Mata, em seguida posto para secar ao ar, destorroado, homogeneizado, passado em peneira com malha igual a 5mm e posto para caracterização química e física (Tabela \*\*\*\*\*). Tais análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande – LIS, segundo metodologias da EMBRAPA (1997).

**Tabela \*\*\*\*. Análise química e física do solo (0-20 cm), utilizado no experimento.**  
 UFCG, Campina Grande, 2012

<b>Características do solo</b>	
<b>Físicas</b>	
<b>Granulometria</b>	
Areia (%)	75,43
Silte (%)	18,79
Argila (%)	5,78
Classificação textural	Franco arenoso
Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )	2,77
Densidade de partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1,57
Porosidade (%)	43,32
<b>Umidade (%)</b>	
Natural	0,35
0,33 atm	11,34
15,0 atm	1,86
Água disponível	9,48
<b>Químicas</b>	
Cálcio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	2,18
Magnésio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	1,80
Sódio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	0,52
Potássio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	0,24
Soma de Bases	4,54
Hidrogênio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	0,56
Alumínio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	0,00
CTC ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	5,10
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausente
Carbono Orgânico ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,33
Matéria Orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,57
Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,03
Fósforo Assimilável ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	1,35
pH em água (1:2,5)	6,87
Condutividade Elétrica ( $\text{mmhos cm}^{-1}$ )	0,45

#### 4.4. Água de Irrigação

A água utilizada para irrigação foi à água de abastecimento da cidade, analisada quimicamente no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, seguindo as metodologias proposta pela Embrapa (1997) como demonstrado na tabela (Tabela\*\*\*\*\*).

**Tabela.** Características da água de irrigação

Água de abastecimento	
Características	
pH	7,5
CEa dS m <sup>-1</sup>	0,38
P (mg L <sup>-1</sup> )	nd
K (mg L <sup>-1</sup> )	5,47
N (mg L <sup>-1</sup> )	nd
Na (mg L <sup>-1</sup> )	35,65
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	20,00
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	15,8
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	nd
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	Nd
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	Nd
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	Nd
RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	1,45

nd – não detectado

#### 4.5. Sistema de irrigação

As unidades experimentais foram irrigadas diariamente com auxílio de regadores, onde as necessidades hídricas da cultura eram determinadas através do balanço de água no solo obtido por meio da pesagem dos vasos.

O experimento foi conduzido em vasos plásticos com capacidade para 40 litros, em um solo com textura franco-arenosa. As lâminas de irrigação aplicadas ao híbrido de girassol, neste ensaio, foram baseadas em resultados de estudos realizados anteriormente em casa de vegetação.

#### **4.6. Cultivar**

Os cultivares de girassol são selecionados de forma a atender os seguintes objetivos: finalidade de consumo (produção de óleo, forrageira, alimentação humana ou até mesmo ornamentação), alto rendimento de grãos, alto teor de óleo, ciclo precoce a médio, porte reduzido, uniformidade de altura e de floração, resistência à doenças, principalmente mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.) e podridão branca (*Sclerotinia sclerotium*), capítulos planos e pouco espessos, tolerância ao alumínio e à deficiência de boro. (Leite et. al., 2005).

O híbrido de girassol utilizado no experimento foi o Helio 253, que se destaca pela precocidade com ciclo vegetativo médio de 100 dias, cerca de 20 dias mais precoce que outros híbridos atualmente cultivados no Brasil. A produtividade média dos cultivares no Brasil na safra 2010/2012 foi de 1312 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2011).

#### **4.7. Instalação e condução dos experimentos**

O solo foi coletado, 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 o híbrido Hélio 253, em condições de casa de vegetação. A semeadura foi realizada manualmente colocando sete sementes por cova e o desbaste realizado 10 dias após a semeadura (DAS) deixando três plantas por vaso, e aos 20 DAS apenas uma planta por vaso. O cultivo foi realizado em março de 2012 e colheita junho de 2012. Utilizou-se o super simples como fonte de fósforo, em fundação, o cloreto de potássio como fonte de potássio, a uréia como fonte de nitrogênio, e o ácido bórico como fonte de boro.

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

O conteúdo de água do solo foi monitorado diariamente, pelo método granulométrico de pesagem através do peso dos vasos, nos tratamentos correspondentes a 125, 100, 75 e 50% de água disponível, e a irrigação dos vasos foi feita manualmente com auxílio de regadores e proveta graduada.

#### **4.4. Variáveis analisadas**

##### **4.4.1. Altura de planta (AP)**

A altura da planta foi mensurada com o auxílio de uma trena graduada, medindo-se do colo da planta a base da folha mais nova. Sendo consideradas as folhas que apresentaram comprimento mínimo de 3,0 cm nos intervalos de 20, 40, 60, 80 dias após a semeadura (DAS) e no final do ciclo da planta.

##### **4.4.2. Diâmetro Da haste**

A medição do diâmetro da haste foi realizada por meio de um paquímetro, cujas leituras foram efetuadas na região do colo de cada planta, a 0,05 m do solo, nos intervalos de 20, 40, 60, 80 dias após a semeadura (DAS) e no final do ciclo da planta.

##### **4.4.3. Diâmetro do capítulo (DCAP) e Diâmetro dos aquênios (DAQ)**

Por ocasião da colheita, realizou-se com o auxílio de uma régua graduada, a medição do diâmetro do capítulo do girassol aos 80 DAS.

##### **4.4.4. Área foliar (AF)**

Segundo o modelo proposto por Maldaner et. al. (2009), com o auxílio de uma régua graduada, determinou-se a largura do limbo foliar de todas as folhas de uma planta nos períodos estabelecidos, e logo após através da equação abaixo se estimou o valor da área foliar, onde:

$$AF = 0,1328 * C^{2,5569}$$

Sendo:

AF = Área foliar de uma folha individual (cm<sup>2</sup>)

C = comprimento da nervura central da folha (cm)

A área foliar total de cada planta foi obtida pelo somatório final das áreas de todas as folhas individuais.

#### **4.4.5. Fitomassa**

A fitomassa produzida durante os 100 dias foi levada para a estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 60 °C até atingir peso um peso constante e posteriormente pesada em balança de precisão. Neste caso foram considerados não só as folhas e caules, mas também o peso de massa seca de aquênio, da haste e do capítulo.

#### **4.4.6. Peso de sementes por planta e Peso de 1000 sementes**

Após a coleta dos capítulos, os mesmos foram postos para secar ao ar até atingir peso constante e depois foram contadas e pesadas todas as sementes produzidas.

O Peso de 1000 sementes (em gramas) foi obtido pela razão entre a massa das sementes e o número de sementes de cada capítulo.

#### **4.4.7. Volume de água aplicado e eficiência do uso de água**

De acordo com a metodologia descrita por Gardner et al. (1985) e Barker et al. (1989), foram computadas diariamente as quantidades de água consumida pelas plantas, em volume, obtidas através da pesagem dos vasos e processadas a partir de uma planilha eletrônica (Microsoft Excel) na qual se obtinha a lâmina de água necessária para manutenção dos níveis pré-estabelecidos nos respectivos tratamentos. Deste modo, formou-se um banco de dados dos quantitativos de água a serem repostos diariamente até os 100 dias, bem como do consumo cumulativo para todo o período.

A eficiência do consumo foi determinada através da relação entre o peso da fitomassa total e o volume efetivamente consumido de água em cada tratamento, de acordo com metodologia descrita por Gardner et al. (1985) e Barker et al. (1989)

#### **4.5. Delineamento experimental Estatístico e Tratamento**

O experimento foi conduzido em esquema fatorial (4 x 4 x 3), inteiramente ao acaso, constituído por quatro níveis de água disponível no solo (125%, 100%, 75% e 50% da capacidade de campo (CC)), quatro doses de nitrogênio (30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>) e três doses de boro (2; 3 e 4 kg ha<sup>-1</sup>), perfazendo um total de 48 tratamentos, que foram distribuídos de forma uniforme e aleatória com três repetições, totalizando 144 unidades experimentais.

##### **Figura T foto**

As doses de água disponível utilizada no experimento foram:

- Água disponível 1 (AD1): 50 % da capacidade de campo;
- Água disponível 2 (AD2): 75 % da capacidade de campo;
- Água disponível 3 (AD3): 100 % da capacidade de campo;
- Água disponível 4 (AD4): 125 % da capacidade de campo.

As doses de nitrogênio aplicadas neste ensaio foram:

- Dose 1 (N1); 30 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio;
- Dose 2 (N2); 60 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio;
- Dose 3 (N3); 90 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio;
- Dose 4 (N4); 120 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio.

E as doses de boro aplicadas foram:

- Dose 1 (B1); 2 kg ha<sup>-1</sup> de Boro;
- Dose 2 (B2); 3 kg ha<sup>-1</sup> de Boro;
- Dose 3 (B3); 4 kg ha<sup>-1</sup> de Boro;

Os dados coletados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SISVAR – ESAL – Lavras, MG, através do qual foi feita a análise de variância (ANAVA), aplicando-se os Testes F e de Tukey para a comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão para o fator quantitativo de água disponível conforme Ferreira (2000).

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade volumétrica de 30 L, no qual foram acondicionados 20 kg de solo, onde foi cultivada uma planta de girassol até os 100 dias após a semeadura..

O solo foi adubado com fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O) oriundos do superfosfato simples (19% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e do cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), respectivamente, e aplicados em fundação. O nitrogênio foi aplicado em cobertura, sendo 40% no momento do plantio, 40% aos 20 dias após a semeadura (DAS) e o restante aos 30 dias após a semeadura (DAS), provenientes da uréia (46 % de N). O boro também foi aplicado em cobertura, proveniente do ácido bórico (61,83 de B) 10 dias após a semeadura. (DAS)

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Altura da planta**

Os resultados das análises de variâncias (ANAVA) dos dados aos níveis de 1% e 5% referentes à altura da planta são apresentados na **Tabela 1**. Verifica-se diferença significativa ao nível de 1% entre tratamentos referentes à água disponível aplicada as plantas de girassol, o tratamento cujo nível de reposição de água no solo foi ao nível de 100% de água disponível, obteve a maior altura caulinar.

**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 253, quando submetido a diferentes doses de nitrogênio e água disponível.

Fonte de variação		Quadrado médio			
GL	AP 20 DAS	AP 40 DAS	AP 60 DAS	AP 80 DAS	
Água disponível (AD)	3	89,24**	1048,71**	3102,18**	1732,00**
Nitrogênio (N)	3	68,79**	307,01**	1584,90**	1748,90**
Boro (B)	2	8,64**	54,26 <sup>ns</sup>	74,02 <sup>ns</sup>	227,19*
Interação (AD) (N) (B)	18	2,04 <sup>ns</sup>	44,12 <sup>ns</sup>	42,87 <sup>ns</sup>	63,08 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N)	9	27,20 <sup>ns</sup>	133,16 <sup>ns</sup>	360,41 <sup>ns</sup>	452,92 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (B)	6	2,81 <sup>ns</sup>	79,16 <sup>ns</sup>	80,24 <sup>ns</sup>	47,05 <sup>ns</sup>
Interação (N) (B)	6	3,62 <sup>ns</sup>	48,70 <sup>ns</sup>	86,81 <sup>ns</sup>	96,37 <sup>ns</sup>
Repetição	2	0,17 <sup>ns</sup>	21,54 <sup>ns</sup>	10,56 <sup>ns</sup>	14,77 <sup>ns</sup>
Desvio	94	1,51	28,81	36,41	54,09
CV %		7,45	9,02	6,10	7,29
<b>Água disponível</b>					
Reg. Pol. Linear		207,87**	2229,92**	5982,34**	4393,14**
Reg. Pol. Quadrática		28,72**	794,77**	3312,00**	227,75*
Reg. Pol. Cúbica		31,12**	121,44*	12,22 <sup>ns</sup>	575,12**
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		1,51	28,81	36,41	54,09
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		198,14**	908,32**	4585,40**	5122,66**
Reg. Pol. Quadrática		7,16*	10,50 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	42,35 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		1,07 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>	169,16*	81,67 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		1,51	28,81	36,14	54,09
<b>Boro (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		<b>Gramas</b>			
2		16,14	58,66	97,61	99,13
3		16,50	59,16	98,97	100,15
4		16,99	60,70	100,08	103,30

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

No tocante as adubações isoladas, nitrogênio, boro e água disponível, conforme Tabela 1, houve influência significativa ao nível de significância de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção dos dados colhidos do Boro aos 80 DAS, que apresentaram diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) sobre a altura das plantas do híbrido de girassol Hélio 253.

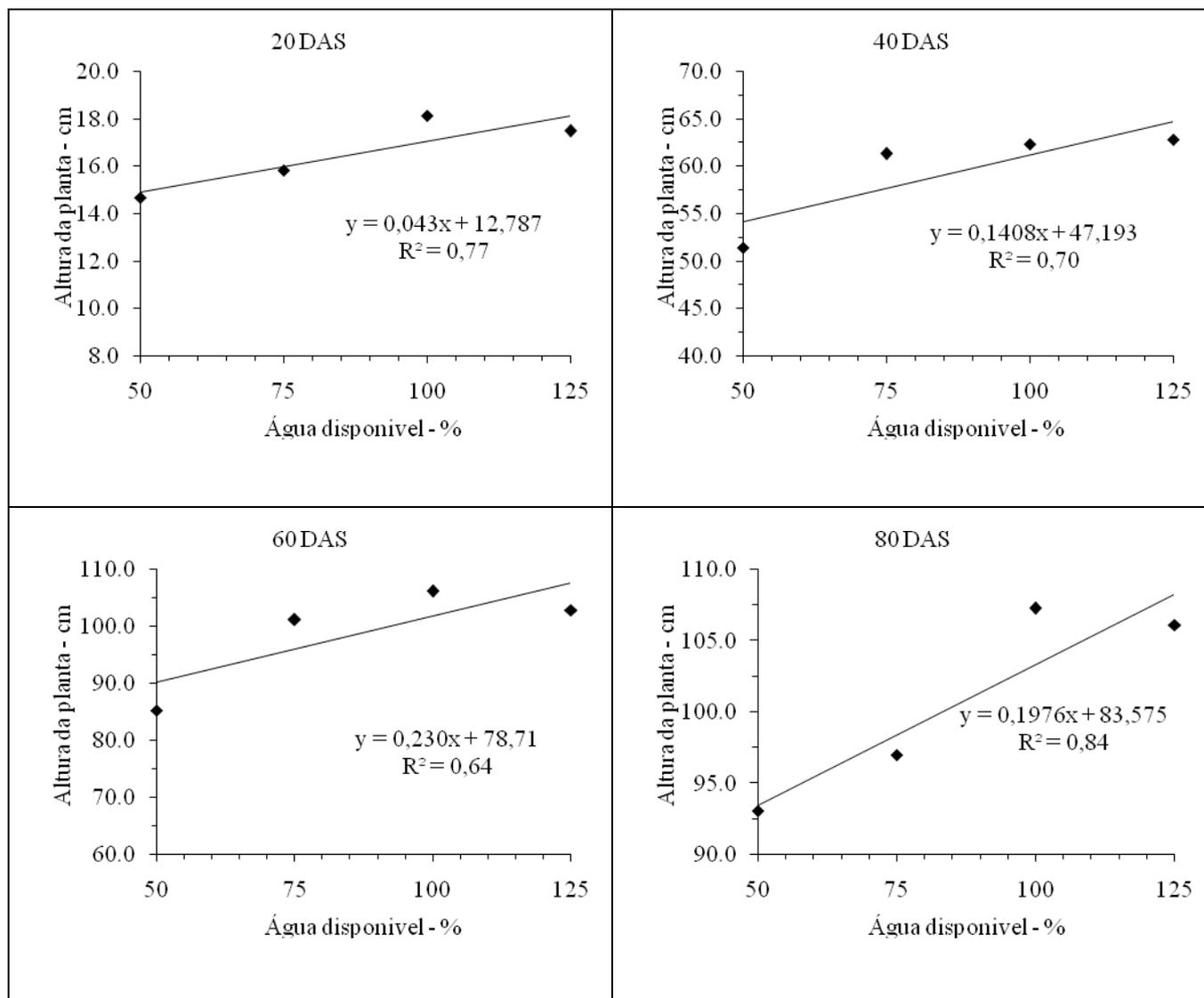
A altura caulinar média das plantas conduzidas (50, 75, 100 e 125 % CC) no último período de avaliação do experimento (80 DAS) foi de 93,09, 96,97, 107,28 e de 106,13 cm, respectivamente.

O incremento significativo da altura das plantas em função da água disponível corrobora com Silva et al. (2007), que também avaliando o girassol sob diferentes níveis de irrigação (testemunha; 117,20; 350,84; 428,70 e 522,14 mm) observaram efeito significativo do aumento da disponibilidade hídrica sobre a altura da planta, sendo 522,14 mm a lâmina que proporcionou maior altura 1,51 m. Freitas (2011) analisando dois tipos de água (poço e de reuso tratada) constatou um maior crescimento na altura da planta com o favorecimento hídrico foi 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), e deu-se provavelmente, na tentativa da cultura em atingir sua altura potencial, já que nestes trabalhos, o porte da planta ficou abaixo do sugerido pela literatura.

Com relação à resposta da cultura aos diferentes níveis de adubação nitrogenada, verificam-se variações de altura aos 80 DAS de 93,07 cm a 109,75 cm, para os níveis de 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

As análises de regressões para os diferentes níveis de água disponível a planta, apresentadas na Figura 2, permitem constatar a tendência de crescimento linear na altura caulinar das plantas, em todas as épocas estudadas. Com relação aos tratamentos referentes às diferentes doses de nitrogênio, verifica-se através da Figura 3 que houve aumento linear até os 80 DAS, cuja altura caulinar máxima foi obtida com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

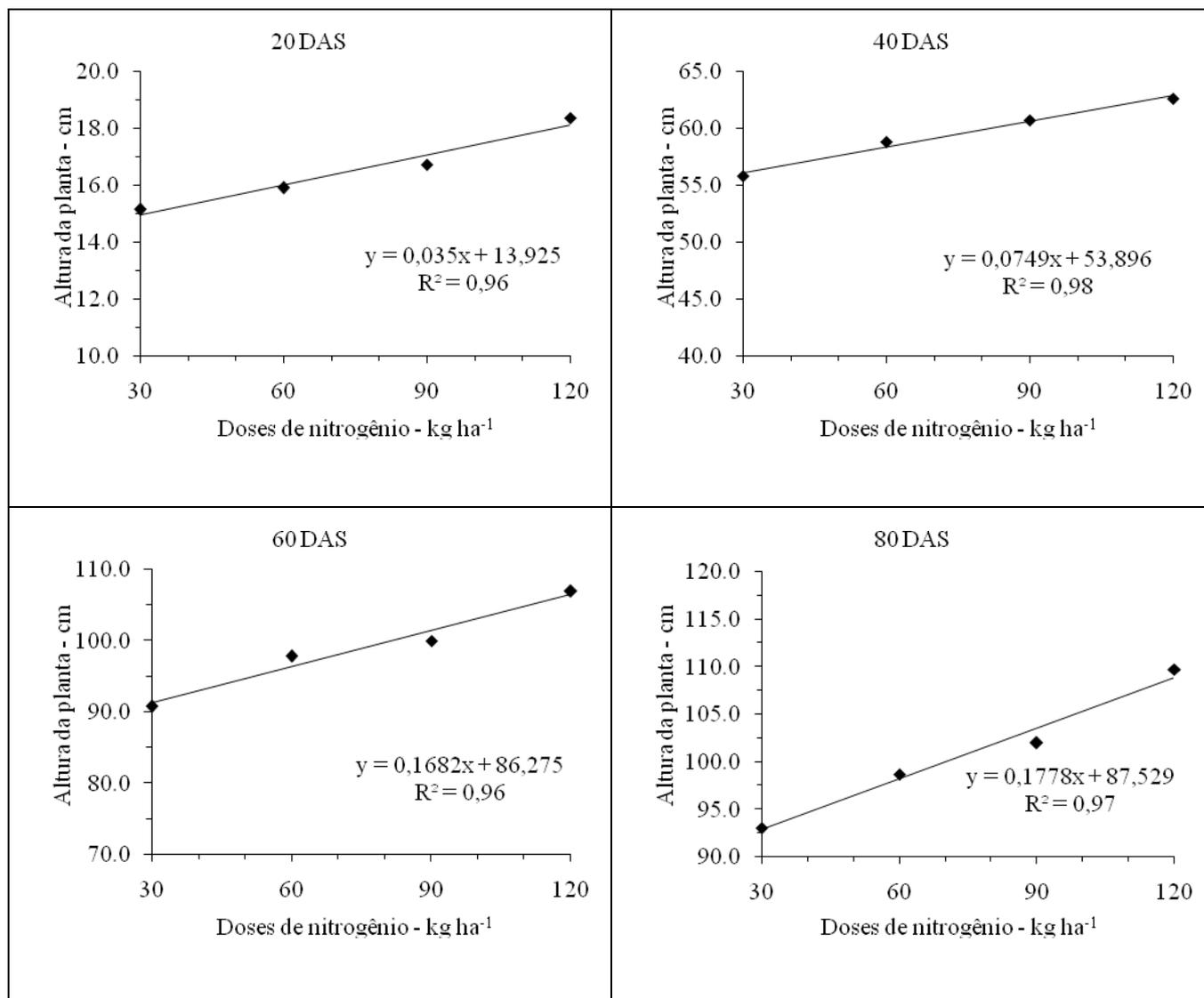
Para Larcher (2000), paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia e de materiais destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização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



**Figura 1** – Altura da planta (cm) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível.

Os resultados encontrados nesta pesquisa corrobora 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. IVANOFFF, (2009) conclui que não há necessidade de se parcelar o adubo nitrogenado em mais de duas vezes, a recomendação mais comum para aplicação de N é parcelar a dose e fornecer o nutriente o mais próximo possível do estágio de desenvolvimento em que a planta necessite 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, uma altura menor das plantas (NEZAMI et al., 2008).



**Figura 2** - Altura da planta (cm) do híbrido de girassol Hélio 253 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>).

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

## 5.2. Diâmetro da haste

Com relação ao diâmetro da haste encontra-se na Tabela 2 o resumo das análises estatísticas de variância (ANAVA). Observa-se que ocorreram diferenças significativas ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) em todas as épocas para os tratamentos isolados, água disponível e nitrogênio, e dos 60 aos 80 DAS para os tratamentos com as doses de boro utilizadas.

Os tratamentos de água disponível com 100% da capacidade de campo aos 80 DAS, apresentaram diâmetro médio do caule de 19,46 mm e de 13,61 mm para o nível de 50% da CC. Com relação aos diferentes níveis de adubação nitrogenada observa-se que houve influencia significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 20 DAS aos 80 DAS e diâmetros médios aos 80 DAS variaram de 14,44 mm a 18,34 mm para as doses de adubação de 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

As análises, das regressões também apresentadas na Tabela 2, e seus respectivos gráficos (Figuras 4 e 5), permitem constatar a tendência de crescimento linear no diâmetro da haste das plantas. Com relação a resposta da cultura as diferentes doses de nitrogênio aplicadas observa-se através da Figura 5, tendência de crescimento linear no diâmetro da haste das plantas em todas as épocas avaliadas.

Tabela 2- Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro da haste, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 253, quando submetido a diferentes doses de nitrogênio e água disponível.

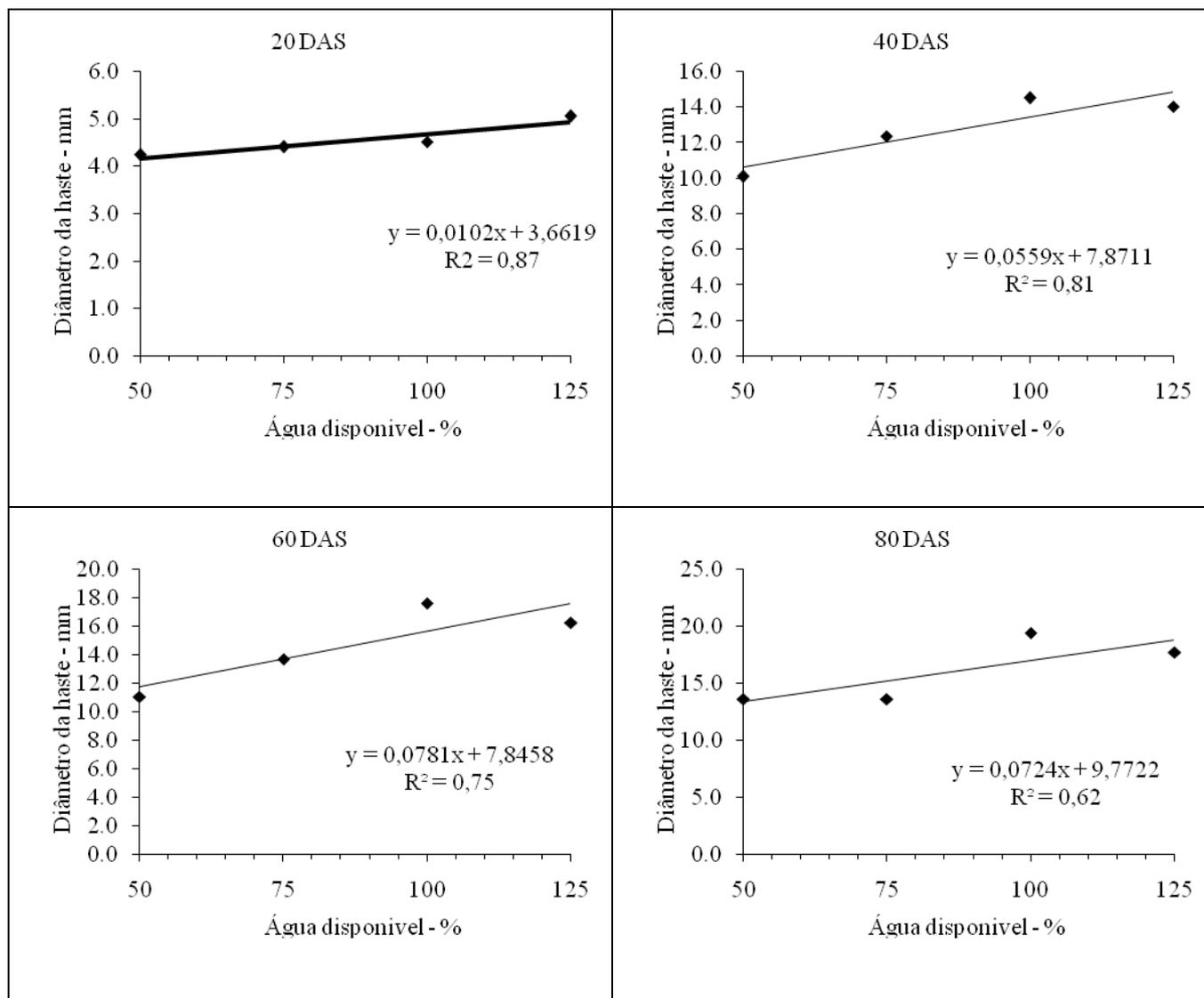
Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		DH 20 DAS	DH 40 DAS	DH 60 DAS	DH 80 DAS
Água disponível (AD)	3	4,47**	143,08**	300,90**	312,57**
Nitrogênio (N)	3	2,00**	55,11**	57,85**	106,89**
Boro (B)	2	0,80 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	7,68**	10,76**
Interação (AD) (N) (B)	18	0,37 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	1,68 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N)	9	0,52 <sup>ns</sup>	7,59 <sup>ns</sup>	8,52 <sup>ns</sup>	11,45 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (B)	6	0,29 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>
Interação (N) (B)	6	0,23 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>
Repetição	2	0,07 <sup>ns</sup>	2,79 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	5,06 <sup>ns</sup>
Desvio	94	0,43	0,97	1,19	1,03
CV %		14,54	7,74	7,45	6,31
<b>Água disponível</b>					
Reg. Pol. Linear		11,80**	351,26**	685,42**	590,42**
Reg. Pol. Quadrática		1,21 <sup>ns</sup>	66,55**	142,20**	2862**
Reg. Pol. Cúbica		0,42 <sup>ns</sup>	11,42**	75,07**	318,66**
Desvio		0,00	0,00	000	0,00
Resíduo		0,43	0,97	119	1,03
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		4,96**	164,64**	173,55**	309,42**
Reg. Pol. Quadrática		0,96 <sup>ns</sup>	0,03	0,00	11,11**
Reg. Pol. Cúbica		0,08 <sup>ns</sup>	0,67	0,00	0,13
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		0,43	0,97	1,19	1,03
<b>Boro (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		<b>Gramas</b>			
2		4,53	12,78	14,31	15,80
3		4,43	12,83	14,60	15,87
4		4,69	12,66	15,10	16,65

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

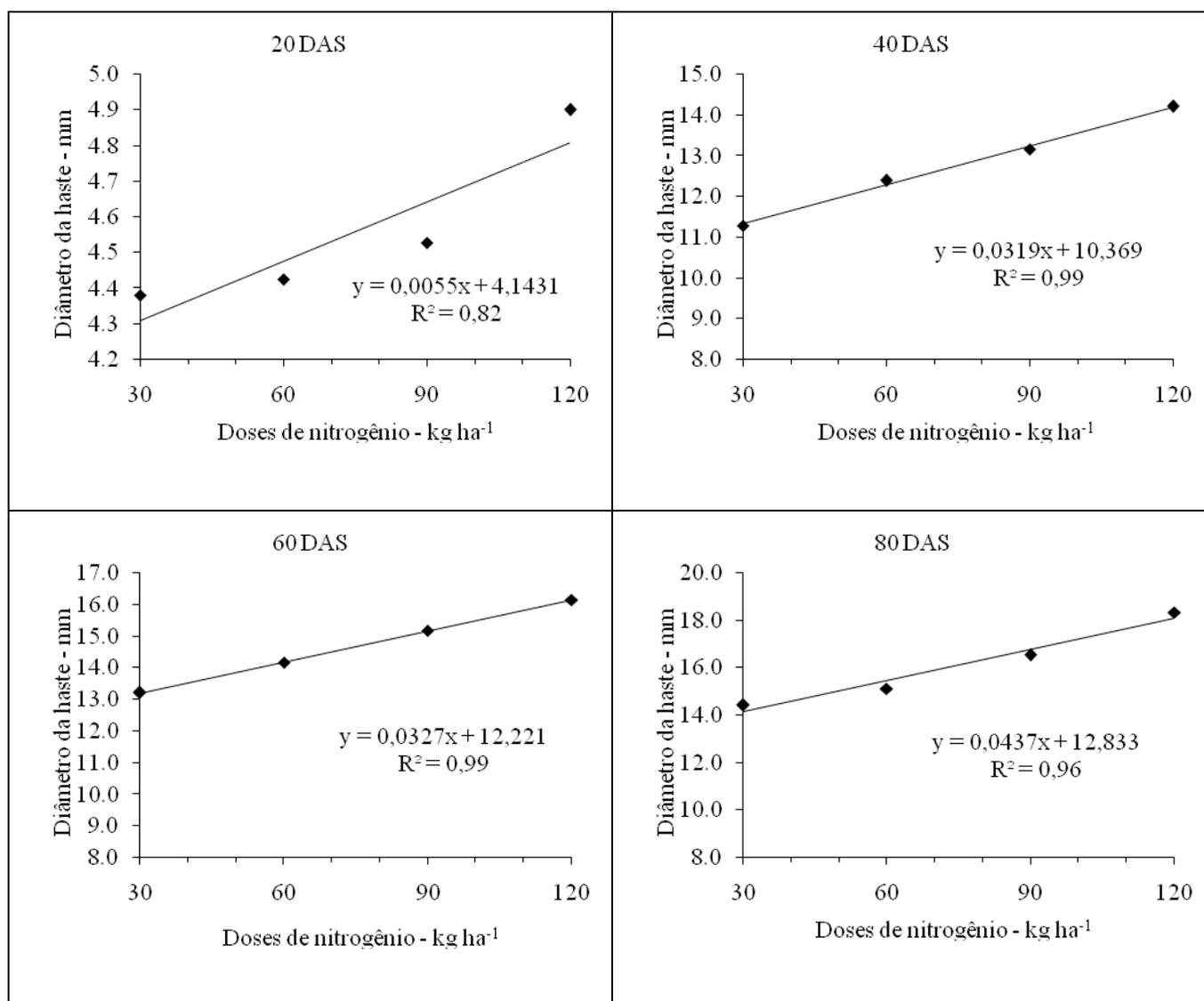
Segundo LEITE et al. (2005), ao final do ciclo os girassóis devem apresentar, para serem fortes e resistentes ao acamamento, dentre suas características morfológicas, elevados diâmetros de caules a

fim de sustentar a produção de capítulos com grande número de aquênios, resultados esses condizentes com 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 tratamentos culturais.



**Figura 3** - Diâmetro da haste (mm) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível (%).



**Figura 4** - Diâmetro da haste (mm) do híbrido de girassol Hélio 253 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>).

Biscarro et al. (2008), que, também avaliando o girassol, cultivar H 358 da Dekalb, sob quatro doses nitrogenadas (0, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>), observaram efeito significativo das doses nitrogenadas sobre o diâmetro do caule. Ainda segundos autores, o diâmetro máximo, 18,4 mm, foi obtido com 47,8 kg de N ha<sup>-1</sup>, sendo este inferior aos observados neste presente trabalho, de 27,7 e 22,8mm 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), avaliando cultivares de girassol na savana do estado de Roraima, observaram diferença significativa entre os diâmetros dos caules das cultivares.

### **5.3. Área foliar**

Constata-se através das análises de variância (ANAVA) Tabela 3, que a área foliar do híbrido de girassol Hélio 253 teve influência significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) durante o ciclo da cultura para a irrigação em função da água disponível e para as diferentes doses de nitrogênio aplicadas, com exceção das doses de boro aos 40 DAS.

**Tabela 3** - Resumo das análises de variância referente à variável área foliar, até os 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 253, quando submetido a diferentes doses nitrogênio e água disponível.

Fonte de variação		Quadrado médio			
		AF 20 DAS	AF 40 DAS	AF 60 DAS	AF 80 DAS
GL					
Água disponível (AD)	3	136744,89**	8381373,33**	4111607,21**	7382822,75**
Nitrogênio (N)	3	43935,72**	4400906,96**	7077017,01**	12707484,02**
Boro (B)	2	1415,40 <sup>ns</sup>	294936,12*	42661,12 <sup>ns</sup>	76604,16 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N) (B)	18	4393,49 <sup>ns</sup>	101474,45 <sup>ns</sup>	226452,84 <sup>ns</sup>	406618,80 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N)	9	30164,26 <sup>ns</sup>	625752,22 <sup>ns</sup>	916333,35 <sup>ns</sup>	1645369,78 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (B)	6	5153,54 <sup>ns</sup>	193848,12 <sup>ns</sup>	327587,98 <sup>ns</sup>	588216,03 <sup>ns</sup>
Interação (N) (B)	6	4049,01 <sup>ns</sup>	170928,73 <sup>ns</sup>	109685,17 <sup>ns</sup>	196953,55 <sup>ns</sup>
Repetição	2	741,86 <sup>ns</sup>	505,10 <sup>ns</sup>	142794,70 <sup>ns</sup>	256399,21 <sup>ns</sup>
Desvio	94	3885,24	88109,91	140796,73	252814,42
CV %		13,64	15,07	16,84	16,84
<b>Água disponível</b>					
Reg. Pol. Linear		408045,31**	19851669,38**	6046354,04**	10856848,70**
Reg. Pol. Quadrática		90,37 <sup>ns</sup>	3832230,38**	6265422,00**	11250238,36**
Reg. Pol. Cúbica		2098,99 <sup>ns</sup>	1460220,24**	23045,59 <sup>ns</sup>	41381,19 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		3885,24	88109,91	140796,73	252814,42
<b>Nitrogênio</b>					
Reg. Pol. Linear		130901,05**	12319204,43**	20412906,09**	36653381,414957**
Reg. Pol. Quadrática		853,61 <sup>ns</sup>	768827,92**	714744,83*	1283403,87*
Reg. Pol. Cúbica		52,52 <sup>ns</sup>	114688,54 <sup>ns</sup>	103400,10 <sup>ns</sup>	185666,77 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		3885,24	88109,91	140796,73	252814,42
<b>Boro (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		<b>Gramas</b>			
2		462,72	1913,69	2240,89	3002,79
3		455,68	1935,77	2193,39	2939,14
4		452,04	2059,15	2248,35	3012,79

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

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 à medida em que as plantas se desenvolvem, também pode 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.

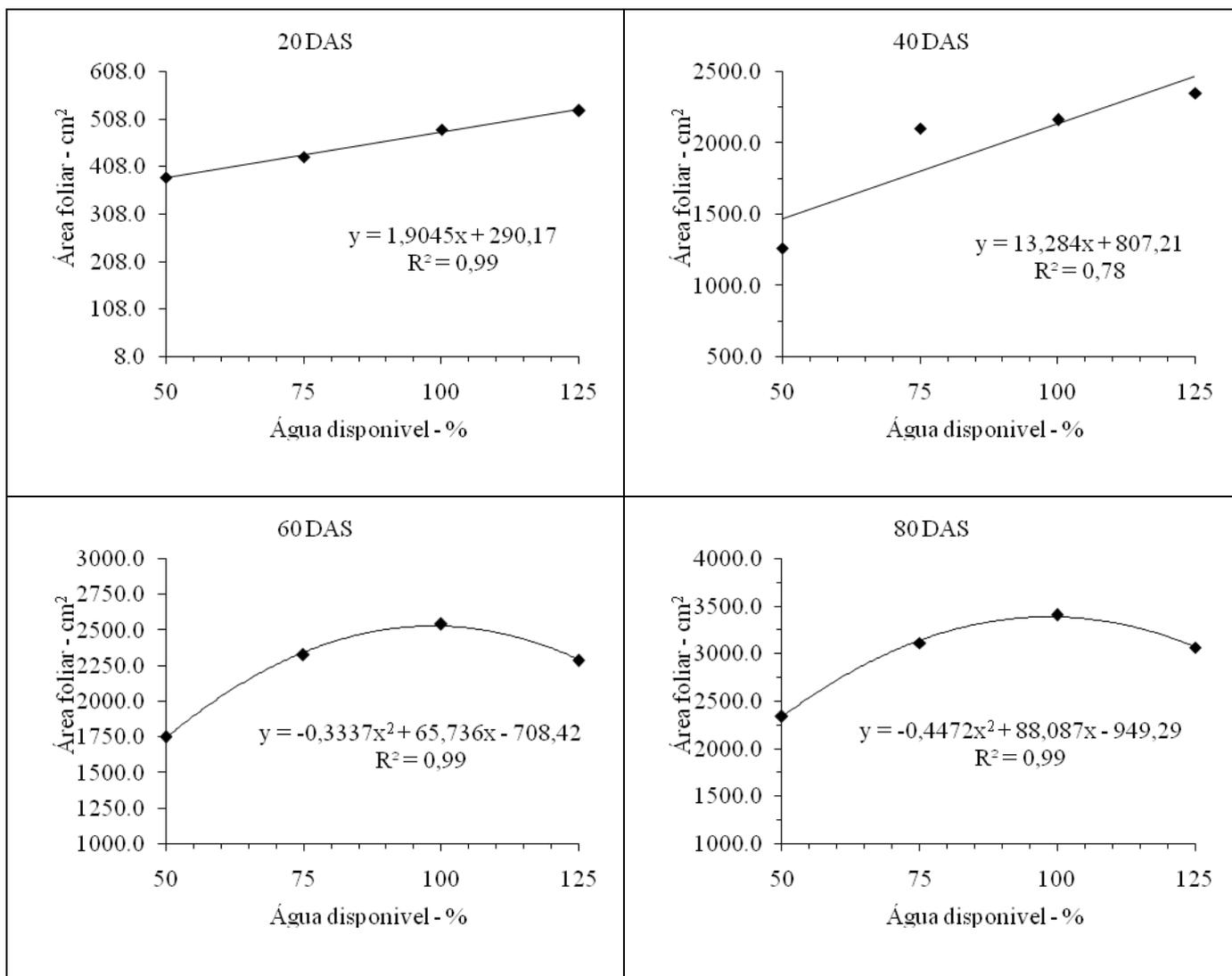
O déficit hídrico aumenta a senescência das folhas (WRIGHT et al., 1983), uma vez que ocorre porque o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento;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

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 3). Constatou-se efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) das doses de nitrogênio, tal como do conteúdo de água disponível para todas as épocas de avaliação sobre a área foliar (AF). Enquanto que o boro só apresentou efeito aos 40 DAS, sendo este a 5% de significância. Em relação a interação das fontes de variação, não foi verificada significância estatística.

Na Figura 6 são apresentadas as regressões para a área foliar do híbrido de girassol Hélio 253; verificou-se que aos 20 e 40 DAS o comportamento da expansão da área foliar à medida que se elevou as doses de água disponível foi crescente.

A partir dos 60 DAS houve um efeito decrescente da área foliar, apresentando um comportamento quadrático também constatado aos 80 DAS, à medida que elevou a disponibilidade de água no solo.

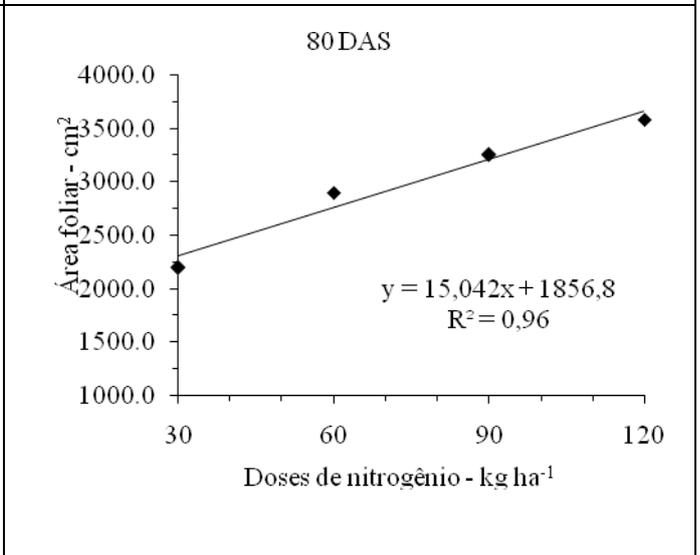
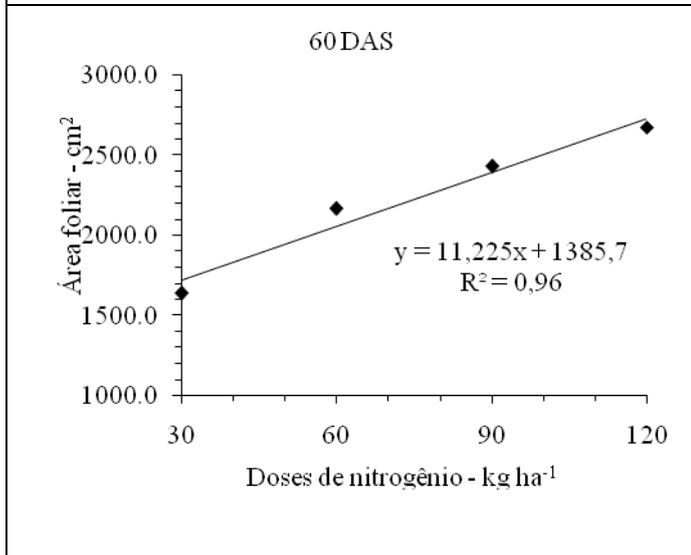
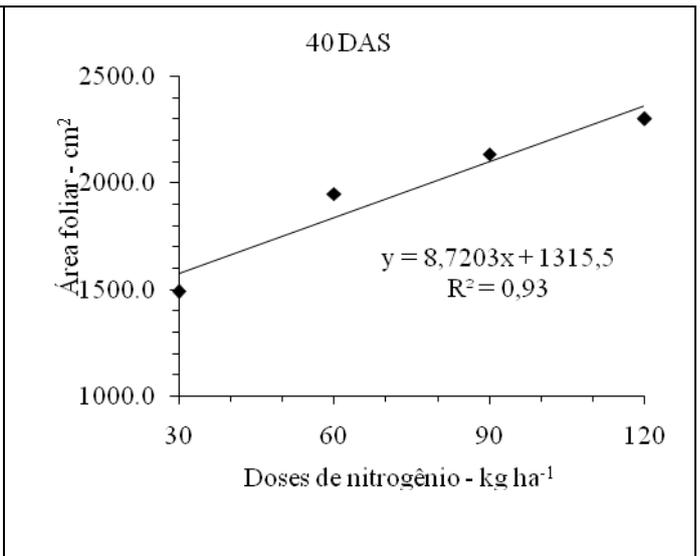
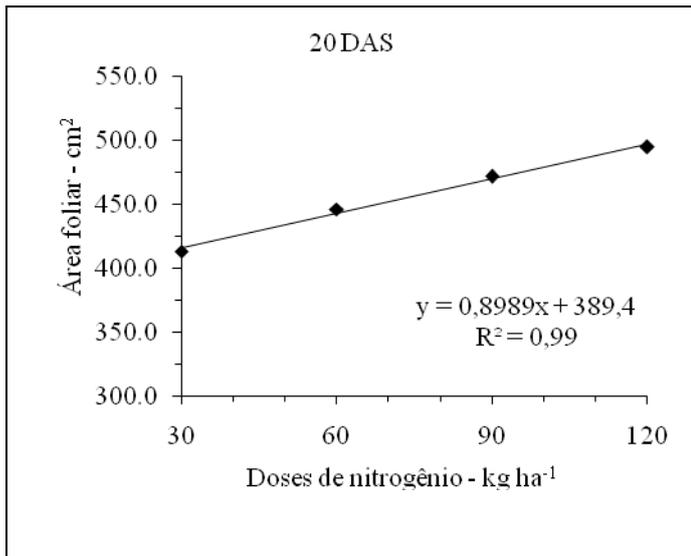
As plantas sob estresse hídrico (50% de AD) apresentaram área foliar menor, enquanto que os maiores valores encontrados foram  $3118,88 \text{ cm}^2$  a 75% e de  $3409,96 \text{ cm}^2$  a 100%, aos 80 DAS.



**Figura 6** – Área foliar (cm<sup>2</sup>) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível(%)

Vários trabalhos encontrados na literatura fazem referência ao efeito vegetativo do estresse hídrico sobre a área foliar do girassol, a exemplo de Tan et al. (2000), Thakuria et al. (2004) e Bakht et al. (2010), Campos (2012). Em todas as pesquisas, quer seja sob condições de vaso, quer seja em cultivo de campo, a área foliar do girassol decresceu no tratamento com menor condição de água disponível, cujos resultados estão compatíveis com os relatados em nosso experimento.

Na Figura 7 são apresentadas as regressões para a área foliar do híbrido de girassol Hélio 253 em função das doses de nitrogênio; verifica-se aumento linear da área foliar à medida que se elevou as doses de nitrogênio estudadas. Foi observado valores variando de 2197,57 a 3583,44 cm<sup>2</sup> nas doses de 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.



#### 5.4. Diâmetro do capítulo

O resumo das análises estatísticas de variância (ANAVA) para o diâmetro do capítulo são apresentados na Tabela 5. Observa-se diferenças significativas ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) aos 80 DAS, tanto para os tratamentos submetidos aos diferentes níveis de água disponível e os submetidos às diferentes doses de adubação nitrogenada. Já as plantas submetidas a doses de boro não apresentaram efeito significativo. As plantas apresentaram diâmetros médios de 83,34; 93,95; 98,30; e 96,89 mm, cujos tratamentos foram submetidas a 50, 75, 100 e 125 % de água disponível aos 80 DAS, respectivamente.

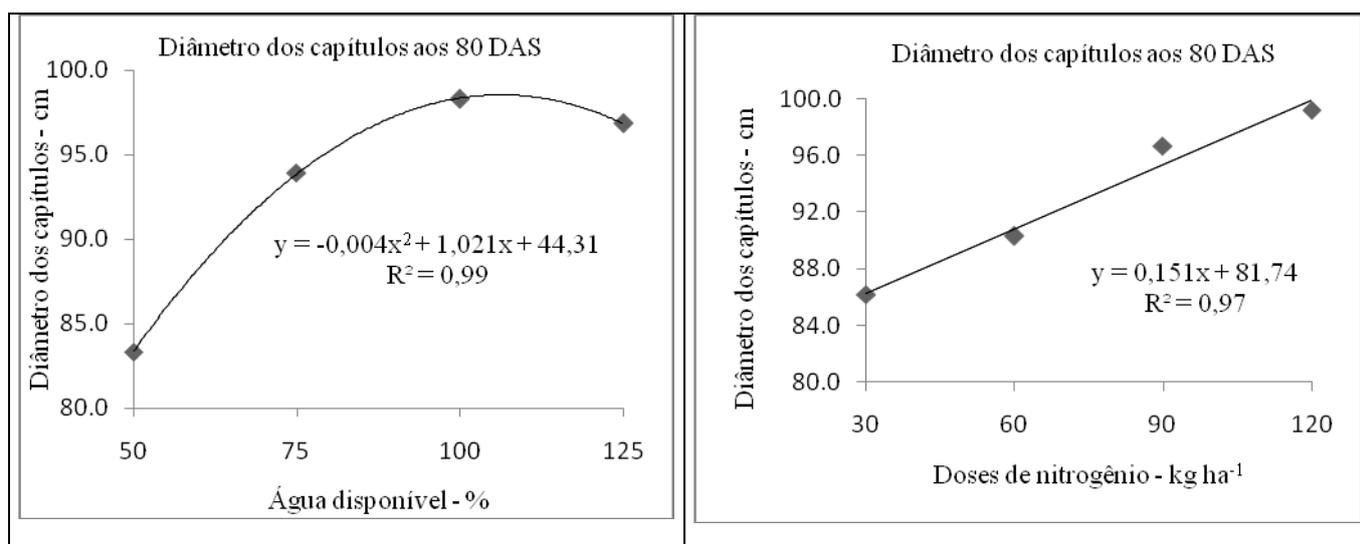
**Tabela 5** - Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do capítulo aos 80 dias após a semeadura do híbrido de girassol Hélio 253, quando submetido a diferentes doses de nitrogênio e água disponível.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		<b>DCAP 80 DAS</b>
Água disponível (AD)	3	1647,84**
Nitrogênio (N)	3	1272,43**
Boro (B)	2	39,94 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N) (B)	18	88,56 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N)	9	228,94 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (B)	6	175,61 <sup>ns</sup>
Interação (N) (B)	6	87,49 <sup>ns</sup>
Repetição	2	33,52 <sup>ns</sup>
Desvio	94	61,15
CV %		8,40
<b>Água disponível</b>		
Reg. Pol. Linear		3642,30**
Reg. Pol. Quadrática		1300,80**
Reg. Pol. Cúbica		0,44 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00
Resíduo		61,15

<b>Nitrogênio</b>	
Reg. Pol. Linear	3726,45**
Reg. Pol. Quadrática	22,40 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica	68,45 <sup>ns</sup>
Desvio	0,00
Resíduo	61,15
<b>Boro (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	
2	92,09
3	93,83
4	93,43

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

As análises de regressões são apresentadas na Tabela 5, e seus respectivos gráficos Figuras 8, permitem constatar a tendência de crescimento linear e um aumento no diâmetro do capítulo de forma crescente para as doses de nitrogênio utilizadas e quadrático para a água disponível do diâmetro do capítulo. A tendência de crescimento linear cujo aumento variou de 83,34 a 96,89 mm para cada aumento unitário da dose de nitrogênio aplicada ao solo.



**Figura 5** – Diâmetro do capítulo (cm) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível e das doses de nitrogênio aos 80 DAS.

Os diâmetros médio obtidos nesta pesquisa foram inferiores 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 deve-se, provavelmente à variável genética, já que no mesmo trabalho o autor observou diâmetro médio de 16,88 cm para a cultivar EMBRAPA – 122 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 consequências das características intrínsecas a cada genótipo, que por sua vez são grandemente influenciadas pelas condições ambientais e pelo manejo cultural adotado no girassol.

Com relação às diferentes doses de nitrogênio apresentaram diâmetro do capítulo de 86, 21; 90,31; 96,71 e 99,24 mm para as doses de 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Resultados inferiores 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, pesquisando à variação das doses de nitrogênio, as maiores médias de diâmetro de capítulo (DC) foi 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 refletira 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 Biscarro et al. (2008), para proporcionar bom crescimento do diâmetro do capítulo não é necessária uma alta quantidade 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, esse 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 uréia em girassol, em três anos agrícolas, observaram que houve uma 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 aplicação mais tardia, no entanto, pode proporcionar maiores pesos de aquênios.

## 5.5. Fitomassa

Na Tabela 6 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa total (FT) e fitomassa dos capítulos do híbrido de girassol Hélio 253, no qual se constata que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para os níveis de reposição de água em função da água disponível bem como para as diferentes doses de adubação nitrogenada nos período estudados, enquanto que o boro só apresentou significância na fitomassa dos capítulos e ao nível de 5 % de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 6** - Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa total e fitomassa dos capítulos, ao final do experimento, do híbrido de girassol Hélio 253, quando submetido a diferentes doses de nitrogênio e água disponível.

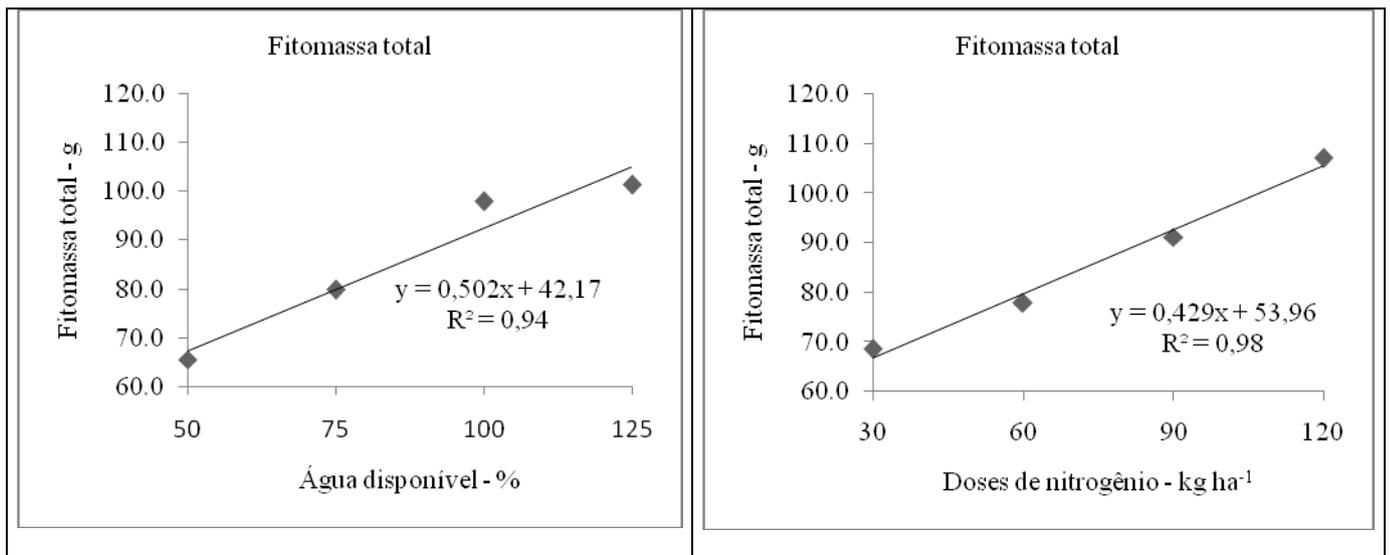
Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Fitomassa total	Fitomassa dos capítulos
Água disponível (AD)	3	823,41**	10039,12**
Nitrogênio (N)	3	6024,54**	10085,67**
Boro (B)	2	9,14 <sup>ns</sup>	246,77*
Interação (AD) (N) (B)	18	143,41 <sup>ns</sup>	113,22 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N)	9	995,02 <sup>ns</sup>	1576,74 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (B)	6	198,63 <sup>ns</sup>	290,01 <sup>ns</sup>
Interação (N) (B)	6	102,25 <sup>ns</sup>	97,50 <sup>ns</sup>
Repetição	2	46,73 <sup>ns</sup>	76,70 <sup>ns</sup>
Desvio	94	41,68	59,30
CV %		12,46	8,94
<b>Água disponível</b>			
Reg. Pol. Linear		28443,39**	2084,64**
Reg. Pol. Quadrática		1065,47**	374,64**
Reg. Pol. Cúbica		608,48**	10,94 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00
Resíduo		59,30	41,68
<b>Nitrogênio</b>			
Reg. Pol. Linear		29872,32**	17787,13**
Reg. Pol. Quadrática		382,26*	285,41**

Reg. Pol. Cúbica	2,44 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>
Desvio	0,00	0,00
Resíduo	59,30	41,68
<b>Boro (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Gramas</b>	
2	84,81	51,87
3	84,90	51,36
4	88,78	52,22

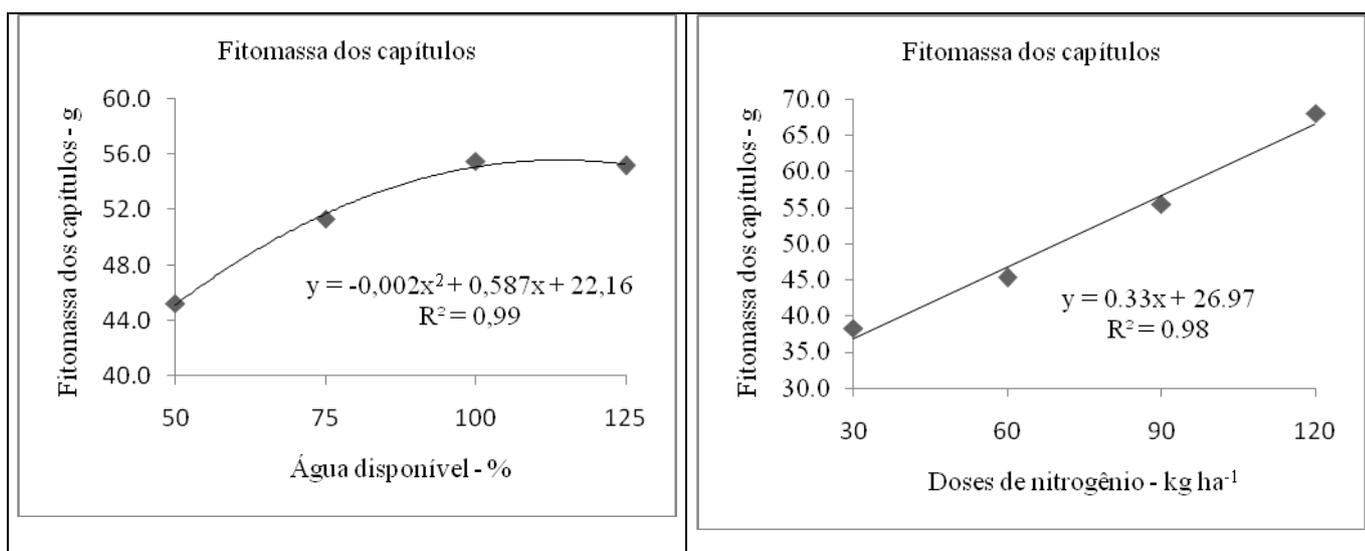
GL - grau de liberdade; B – Boro; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

Observa-se na Figura 10 e 11, que a fitomassa, total e dos capítulos, produzida pelas plantas e submetidas a diferentes doses de reposição de água foi de 65,51; 79,85; 97,93; e 101,38 g de fitomassa total e de 45,23; 51,36; 55,51 e 55,19 g de fitomassa dos capítulos, para os tratamentos de 50; 75; 100; 125 % da água disponível, respectivamente dos 20 DAS aos 80 DAS. Com relação à fitomassa produzida pelas plantas quando conduzidas em diferentes doses de adubação nitrogenada Figura 10, verifica-se valores de fitomassa total de 68,53; 77,92; 91,16 e 107,06 g e de 38,36; 45,33; 55,50 e 68,10 g, para os níveis de 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

Na Figura 10 são visualizadas as regressões para o fator água disponível e nitrogênio. Verifica-se aumento no acúmulo de fitomassa total de forma crescente e linear, à medida que se elevou os níveis de reposição de água e doses de nitrogênio. Já com relação a fitomassa dos capítulos, observou-se que a água disponível apresentou um efeito decrescente e quadrático.



**Figura 6** – Fitomassa total (g) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível (%) e das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>).



**Figura 7** – Fitomassa dos capítulos (g) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível (%) e das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>).

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).

## 5.6. Peso de sementes e Peso de 1000 sementes.

Os resultados das análises de variâncias (ANAVA) dos dados referentes ao peso de sementes e o peso de 1000 sementes são apresentados na Tabela 7. Verifica-se diferença significativa entre os tratamentos referentes a água disponível a planta ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ). Com relação aos tratamentos referentes aos diferentes níveis de adubação nitrogenada houve influência significativa deste ao nível de significância de 1% ( $p < 0,01$ ), sobre o girassol Hélio 253. O tratamento utilizando o boro, não apresentou influencia significativa.

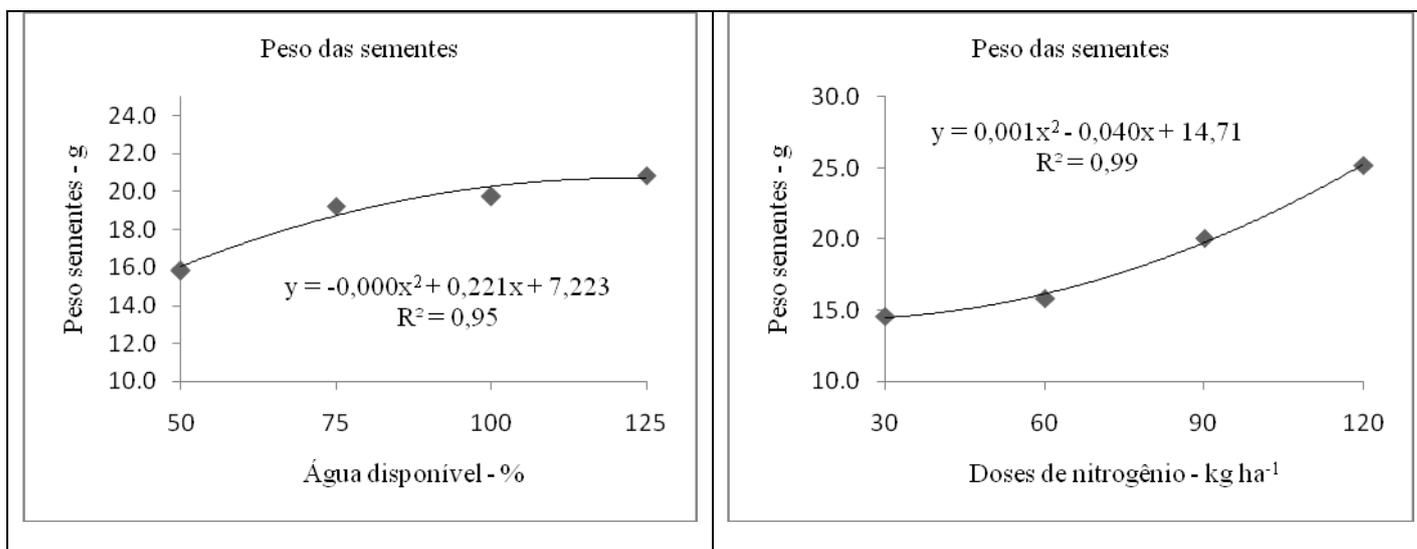
**Tabela 7** - Resumo das análises de variância referente às variáveis: Peso das sementes e peso de 1000 sementes do híbrido de girassol Hélio 253, quando submetido a diferentes doses de nitrogênio e água disponível.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	GL	Peso sementes	Peso 1000 sementes
Água disponível (AD)	3	167,77**	2326,52**
Nitrogênio (N)	3	828,32**	1109,86**
Boro (B)	2	20,33 <sup>ns</sup>	60,05 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N) (B)	18	18,24 <sup>ns</sup>	150,18 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N)	9	39,15 <sup>ns</sup>	119,98 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (B)	6	36,68 <sup>ns</sup>	49,32 <sup>ns</sup>
Interação (N) (B)	6	41,10 <sup>ns</sup>	67,42 <sup>ns</sup>
Repetição	2	0,46 <sup>ns</sup>	46,36 <sup>ns</sup>
Desvio	94	16,80	76,94
CV %		21,68	15,05
<b>Água disponível</b>			
Reg. Pol. Linear		435,04**	5592,39**
Reg. Pol. Quadrática		46,47 <sup>ns</sup>	476,47*
Reg. Pol. Cúbica		21,80 <sup>ns</sup>	910,71**
Desvio		0,00	0,00

Resíduo	16,80	76,94
<b>Nitrogênio</b>		
Reg. Pol. Linear	2342,49**	3246,15**
Reg. Pol. Quadrática	133,99**	66,20 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica	8,48 <sup>ns</sup>	17,23 <sup>ns</sup>
Desvio	0,00	0,00
Resíduo	16,80	76,94
<b>Boro (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Gramas</b>	
2	18,41	57,31
3	18,68	57,99
4	19,64	59,50

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

Na figura 12 são apresentadas as regressões para o peso de sementes por capítulo, e observa-se que à medida que se elevou o nível de água houve resposta quadrática decrescente para o acúmulo de massa e os pesos médios das sementes por capítulos obtidos foram de 15,84; 19,23; 19,74 e 20,85 g para a água disponível a 50, 75. 100 e 125 % da capacidade de campo do solo. Já com relação ao nitrogênio observou-se uma resposta crescente com relação às doses de nitrogênio utilizadas (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e as médias obtidas foram de 14,58; 15,52; 20,08 e de 25, 18 g.



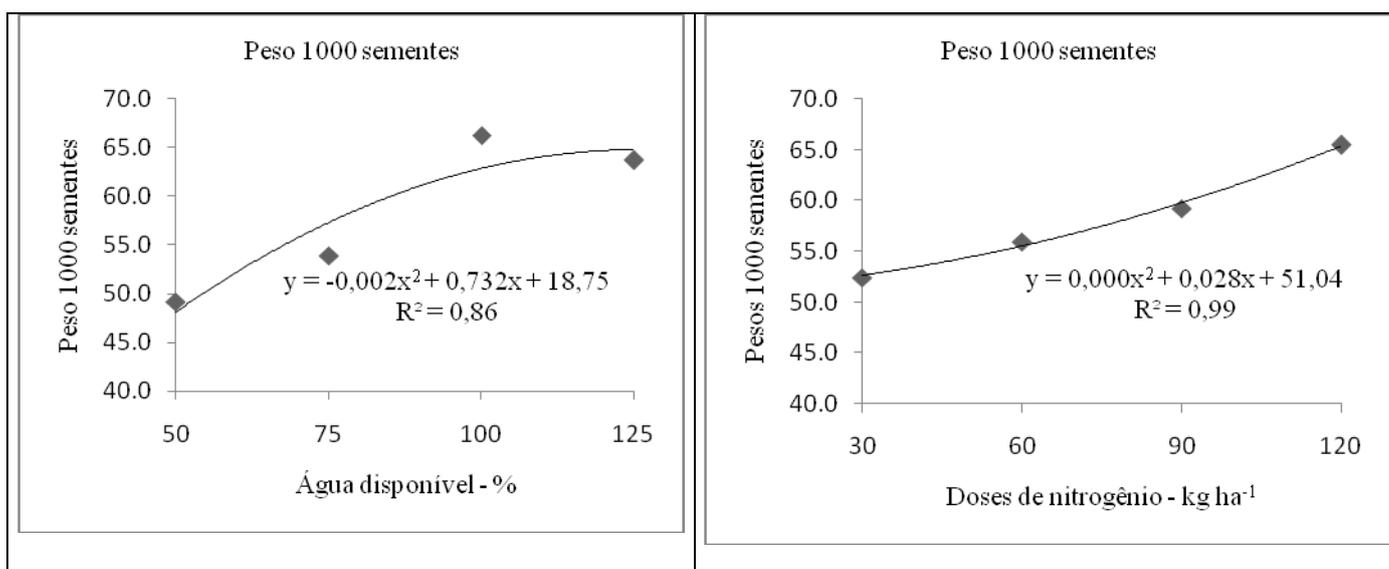
**Figura 12** – Peso de sementes por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível e das doses de nitrogênio.

FREITAS (2010) obteve peso de sementes médio de 50,35 g obtidas com a água de poço na variação das lâminas de irrigações com o  $L4 = 296,64$  mm (100% ECA). Estes 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.

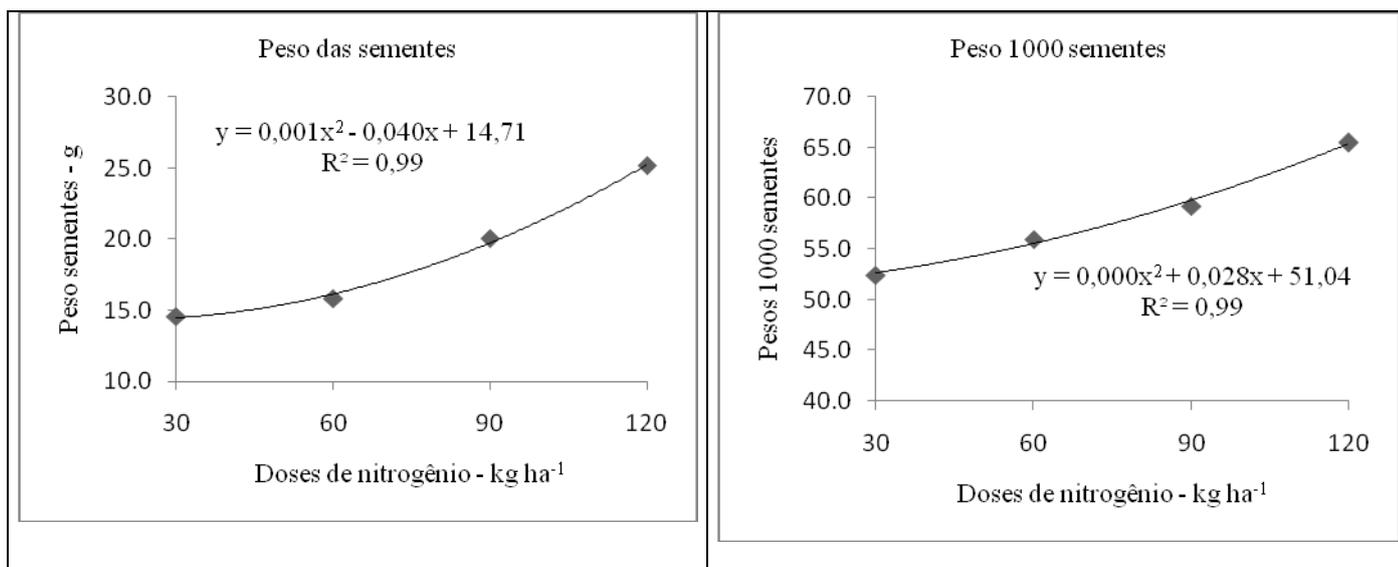
Carvalho; Pissaia (2002), trabalhando com a cultura do girassol em plantio direto sob diferentes doses nitrogenadas (0, 25, 50, 75, 100 e 125  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no Paraná sem o uso da irrigação, não observaram diferença significativa entre a massa de aquênios por capítulo.

As regressões para os diferentes níveis de água disponível em função da CC, apresentadas na Figura 14, permitem constatar um decréscimo no peso de 1000sementes. O peso médio de 1000 sementes foi obtido valores de 49,22; 53,93; 66,25 e 63,69 g para os níveis de irrigação de 50, 75, 100 e 125 % da CC respectivamente.

Com relação às diferentes doses de adubação nitrogenada, verifica-se resposta da cultura com variações do peso de 1000 aquênios de 52,42; 55,93; 59,25 e 65,47 g, para as doses de 30, 60, 90 e 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, respectivamente. Com tais valores não foi possível a obtenção de teores de óleo.



**Figura 8** – Peso de 1000 sementes por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível (%) e das doses de nitrogênio.



**Figura 9** – Peso de sementes e peso de 1000 sementes por capítulo (g) do híbrido de girassol Hélio 253 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. Ainda 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), trabalhando com duas cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação, não observaram diferença significativa no peso de mil sementes em função do aumento da disponibilidade hídrica, contudo observaram 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), trabalhando com duas cultivares de girassol (Catissol 01 e Embrapa 122 V) sob diferentes níveis de irrigação no Vale do Curú - CE, observaram efeito significativo da massa de mil aquênios em função das lâminas de irrigação. Ainda segundo os autores, 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. Estes 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), trabalhando com cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha, observaram que houve 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 kg ha<sup>-1</sup> de N, bem como as épocas de aplicação.

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

## 5.7. Volume de água aplicado e eficiência do uso da água

Os resultados das análises de variâncias (ANAVA) dos dados referentes ao volume de água aplicado e a eficiência do uso da água utilizada no experimento são apresentados na Tabela 9. Verifica-se diferença significativa entre os tratamentos referentes as diferentes doses de adubação nitrogenada para as plantas ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), sobre o girassol Hélio 253, apenas para a eficiência do uso..

**Tabela 9** - Resumo das análises de variância referente às variáveis: **Volume de água aplicado e eficiência do uso da água** do híbrido de girassol Hélio 253, quando submetido a. diferentes doses de nitrogênio e água disponível.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	GL	Volume de água aplicado (L)	Eficiência do uso da água (%)
Água disponível (AD)	3	231,09 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	3	68,42 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>**</sup>
Boro (B)	2	215,55 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N) (B)	18	156,21 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (N)	9	203,17 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>
Interação (AD) (B)	6	237,21 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Interação (N) (B)	6	211,04 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
Repetição	2	107,90 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Desvio	94	231,09	0,32
CV %		33,76	44,76
<b>Água disponível</b>			
Reg. Pol. Linear		13951,08 <sup>**</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Quadrática		194,53 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		1089,16 <sup>**</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00
Resíduo		54,15	0,11
<b>Nitrogênio</b>			
Reg. Pol. Linear		797,26 <sup>**</sup>	3,46 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quadrática		266,26 <sup>*</sup>	0,47 <sup>*</sup>
Reg. Pol. Cúbica		4,11 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>

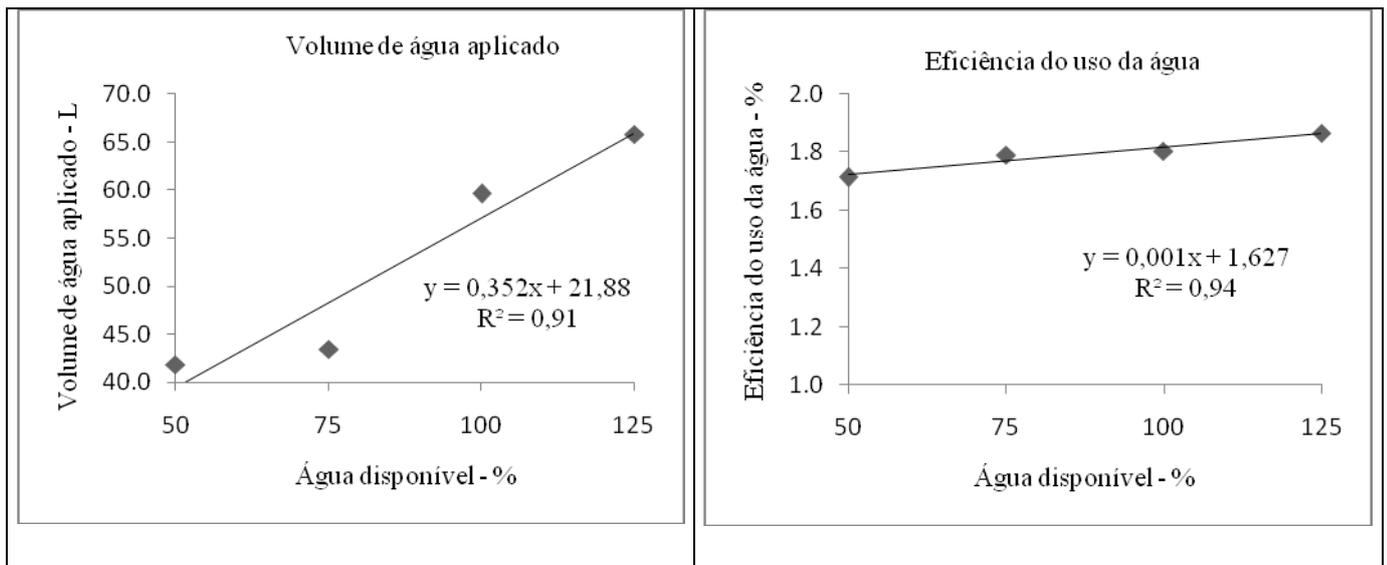
Desvio	0,00	0,00
Resíduo	54,15	0,11
<b>Boro (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Gramas</b>	
2	52,95	1,71
3	53,15	1,75
4	51,96	1,91

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

O volume de água durante o ciclo da cultura foi de 41,88; 43,44; 59,62 e 65,83 L para os níveis de água disponível de 50, 75, 100 e 125 % da CC, respectivamente, o volume de água em função das diferentes doses de adubação nitrogenada, foi de 50,97; 50,06; 52,61 e 57,14 L para as doses de 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

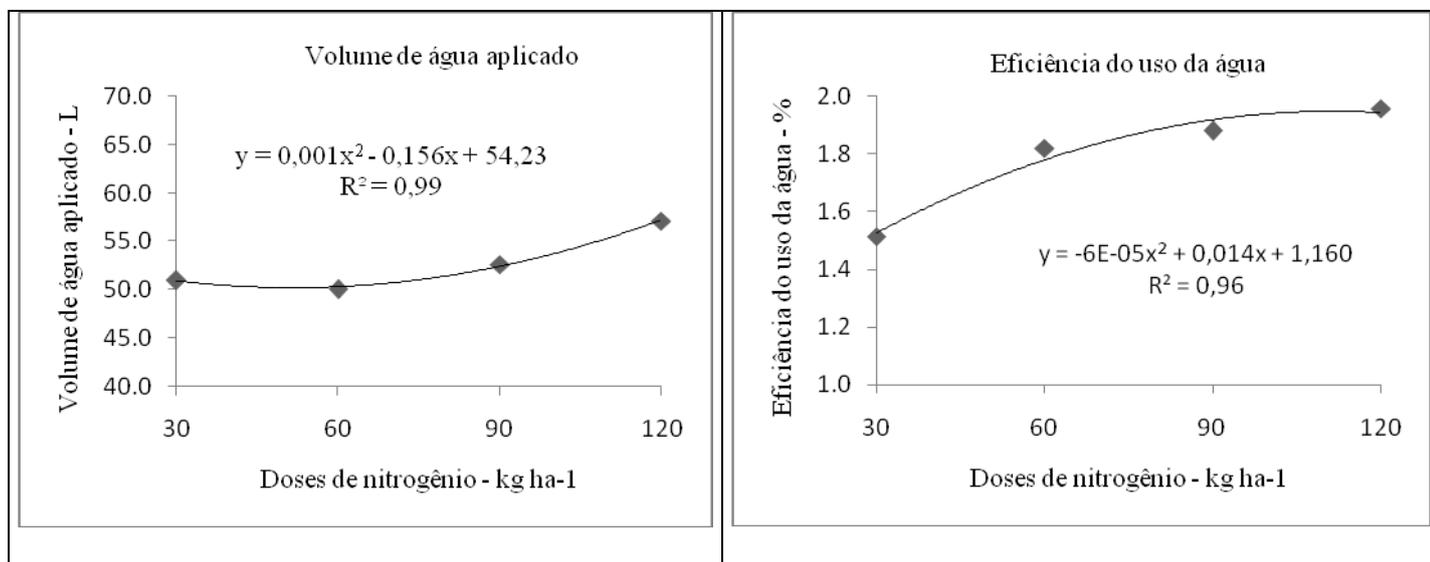
Enquanto que a eficiência do uso da água obteve valores de 1,71; 1,79; 1,80 e 1,87% para os níveis de água disponível de 50, 75, 100 e 125 % da CC, respectivamente, e de 1,51; 1,82; 1,88 e 1,96% em função das diferentes doses de adubação nitrogenada, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente.

As regressões para a resposta da cultura submetida aos diferentes níveis de água disponível em função da CC, apresentadas na Figura 16, permitem verificar a tendência linear crescente tanto no volume quanto na eficiência do girassol Hélio 253.



**Figura 10**– Volume de água aplicado e eficiência do uso da água do híbrido de girassol Hélio 253 em função da água disponível (%).

Para os tratamentos que se refere às diferentes doses de nitrogênio verifica se através da Figura 17 que o volume de água aplicado cresceu de forma quadrática ascendente, enquanto que a eficiência teve um acréscimo descendente.



**Figura 11** – Volume de água aplicado e eficiência do uso da água do híbrido de girassol Hélio 253 em função das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>).

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<sup>-1</sup> durante a fase de semeadura à emergência, atingindo um máximo de 6 a 7 mm/dia na floração e 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 estão 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 uma 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 um 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. Por isso e porque seu sistema radicular explora camadas muito profundas do solo, não exploradas por outros cultivos, considera-se uma planta que assegura algum rendimento, em condições onde 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 com informações. Nazarli et al. (2010) ao verificarem que, mediante a irrigação com 0,75; 0,50 e 0,25% da capacidade de campo, 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 que são essenciais para o enchimento dos aquênios e qualquer incidência de déficit hídrico independente do período de crescimento acarreta reduções no desempenho agrônômico em decorrência da redução do próprio número de folhas emitidas, tal como pela perda de turgescência das folhas remanescentes.

## **6. CONCLUSÕES**

- O híbrido de girassol Hélio 360 apresentou o mesmo comportamento, com os tratamentos de água e adubação;
- A redução dos níveis de água pela diminuição dos níveis de reposição em função da água disponível do solo diminuiu o crescimento e o desenvolvimento do girassol;
- A irrigação com níveis de água ascendentes a partir de 75% da água disponível, aumentou todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento do girassol;
- A adubação nitrogenada com níveis ascendentes proporcionou um aumento em todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento do girassol.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL – Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2005. 520p.

ANDRADE, S. J. Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000.94p. Tese Doutorado.

AMABILE, R.F. Girassol: da América para o Mundo. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=374.2006>>. Acesso em 2 de agosto de 2009.

BALLA, A. Girassol: belo, rústico e resistente. Globo Rural, São Paulo, v.11, n.129, p.15, jul. 1997.

BANYS, V.L. et al. Consórcio milho-girassol: características agrônômicas. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.20, n.1, p.84-89, jan./mar. 1996.

BARKER, R.E.; FRANK, A.B.; BERDAHL, J.D. Cultivar and clonal differences for water use efficiency and yield in four forage grasses. Crop Science, v.29, p.58-61, 1989.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALL, J.R. Métodos de análise química de plantas. Instituto Agrônômico, Campinas, 1983, 48 p. (Boletim Técnico).

BIRCH, E. B. et al. Boron nutrition of sunflower. Pretoria: Department of Agriculture and Fisheries, 1981.

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).

CÂMARA DOS DEPUTADOS. O biodiesel e a inclusão social. Brasília: Coordenação de Publicações, 2003.

CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, M. F. de; CASTIGLIONI, V. B. R.; LEITE, R. M. V. B. de C.; VIEIRA, O. V. Desempenho produtivo de genótipos de girassol em diferentes regiões do Brasil nas safras 2001/2002 e 2002. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. [Anais...] [S. l. ]: CATI, 2003. 1 CD-ROM.

CASTIGLIONI, V. B. R.; CASTRO, C.; BALLA, A. Avaliação de genótipos de girassol em ensaio intermediário (1992/93), Londrina- PR. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10, 1993, Goiânia. Resumos... Goiânia: IAC, 1993. p.37.

CASTRO, C. Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 120p. Tese Doutorado.

CASTRO, C., BALLA, A., CASTIGLIONI, V. B. R. et al. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. Scientia agrícola, v.56, no.4, p.827-833. 1999.

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.; OLIVEIRA, F. A. de. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.

CHATTERJEE, C.; NAUTIYAAL, N. Developmental aberrations in seeds of boron deficient sunflower and recovery. *J. Plant Nutr.*, New York, v. 23, n. 6, p. 835-841, 2000.

CONNOR, D. J.; SADRAS, V. O. Physiology of yield expression in sunflower. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 30, n. 3/4, p. 333-374, Sept./Oct. 1992.

COX, W. J.; JOLLIFF, G. D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal*, Madison, v. 78, n. 2, p. 226-230, Mar./Apr. 1986.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 1994. 306p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem).

EL-SHINTINAWY, F. Structural and functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves. *Photosynthetica*, Prague, v. 36, n.4, p. 565-573, 1999.

EMBRAPA. Correção e manutenção da fertilidade do solo. In: Tecnologias de produção de soja– região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. p 57-80 (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

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

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tecnologia de Produção do Girassol. Embrapa Soja. Sistema de Produção n1. 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2001: girassol e trigo. Londrina: EMPRAPA SOJA, 2002. 51p. (Documentos, 199).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2001: girassol e trigo. Londrina: EMPRAPA SOJA, 2002. 51p. (Documentos, 199).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Oilseeds: world market and trade. Washington: USDA, 2005. 28 p. (USDA, Circular serie, FOP 08-05). Disponível em: [www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/05-08/FULL05Aug.pdf](http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/05-08/FULL05Aug.pdf).

FAGUNDES, M. H. Sementes de girassol: Alguns comentários. [http:// www. Conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). 5 Out. 2002.

FAGUNDES, M. H. Sementes de girassol: alguns comentários. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Semente-de-Girassol.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

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

FILHO, A.; COELHO, A.M.; KARAM, D.; SANTAN, D.P.; MANTOVANI, E.C.; FERNANDEZ, F.T.; AVELAR, G. de. Cultivo do milho. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2005. Disponível em: [www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/feraduba.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/feraduba.htm). Acesso em 12 janeiro 2009.

GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. Physiology of crop plants. Ames: Iowa State University, 1985. 321p.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Influência da suplementação hídrica na altura de planta, diâmetro de capítulo, peso de sementes e produção de grãos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. [Anais...] [S. 1. ]: CATI, 2003. 1CD-ROM.

GOMES, E.; UNGARO, M.R.G.; VIEIRA, D.B. Produção de grãos, óleo e proteína em girassol sob estresse hídrico. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.23-25.

GRANDO, G. Girassol promete boa rentabilidade na próxima safra. Campo & Negócios, Uberlândia, n. 32, p. 17, out. 2005.

GUPTA, U. C. Boron and its role in crop production. Flórida: CRC Press, 1993.

HOCKING, P.J.; STEER, B.T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus* L) during growth. Field Crops Research, v.6, 1983, p.93-107.

JOSTEN, P.; KUTSCHERA, U. The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings. Ann. Bot., London, v. 85, n. 3, p. 337- 342, 1999.

LAZARATO, J.; ROESSING A.C., MELLO H.C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In : LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 15-42.

LEITE, R. M. V. B. C.; CARVALHO, C. G. P. Avaliação da resistência de genótipos de girassol à mancha de *Alternaria* (*Alternaria helianthi*) em condições de campo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.108-110.

LEMO, D. M. R.; VAZQUEZ, G. H. Comportamento agronômico de diferentes genótipos de girassol na época da safrinha em Fernandópolis/SP. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.76-79.

LEWIS, D. H. Boron, lignification and the origin of vascular plants – a unified hypothesis. *New Phytol.*, New York, v.84, n. 2, p. 209-229, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba Potafos, 1997, 319p.

MARSCHNER, H. Mineral de nutrição of higher plants. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MONTEIRO, C. de A. Análise de crescimento e produtividade agrícola de girassol conduzido na safrinha em cinco densidades de plantas. 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba.

OLIVEIRA, M.F; VIEIRA, O.V; LEITE, R.M.V.B.C. Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa. Londrina: Embrapa, 2004. 27p.

ORDONEZ A.A. El cultivo del girasol, Ediciones Mundi – Prensas – Madrid. 1990. p. 29-69

PENA NETO, A.M. O Girassol: manual do produtor de girassol. Sementes Contibrasil, 1981. 30p.

PRADO, R.M.; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. CATISSOL-011. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.36, n.3, p.187-193, 2006.

QUAGGIO, J. A.; UNGARO, M. R. G. Girassol. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997. p. 198.

RAMOS, M.A.P. Girassol: uma boa opção para o preparo da silagem no cerrado. Globo Rural, São Paulo, v.11, n.134, p.11, 1996.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres: Potafos, 1991, 343p.

REYES, F.G.R. Girassol: cultura e aspectos químicos, nutricionais e tecnológicos. Campinas: Cargil, 1985. p.86.

ROBINSON, R.G. Production and culture. In: CARTER, J.F. (Ed.) Sunflower science and technology. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.89-143.

ROSSI, R.O. Girassol. Curitiba: Editora Tecnológica, 1998. 333p.

SACHS, L.G.; PORTUGAL, A.P.; PRUDENCIO-FERREIRA, IDA, S.H.; SACHS, P.J.D.; SACHS, J.P.D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 27, n. 4, p. 533-546, 2006.

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.

SHORROCKS, V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. In: DELL. B.; ELL, W. (Ed.). *Boron in soils and plants: reviews*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, p.121-148, 1997.

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

SILVA, C. A. Produção de Biodiesel a partir de óleo bruto de girassol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, 2005, Varginha, MG. Anais...

SILVA, F.R.; FERREYRA, H. F. Avaliação de extratores de boro em solos do estado do Ceará. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 22, n. 3. p. 471-478, 1998.

SILVA, M.L.O.; FARIAS, M.A.; MORAIS, A.R.; ANDRADE, G.P.; LIMA, E.M.C.L. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.5, p.482-488, 2007.

SILVA, M. N. da. A cultura do girassol. Jaboticabal: FUNEP-UNESP, 1990. 67 p.

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e época de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. In: EMBRAPA. Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja-2001: girassol e trigo. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 33-39 (Embrapa Soja. Documentos, 218).

SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D.; CASTRO, C. de. Adubação nitrogenada para girassol nos cerrados de Roraima. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16, E SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 4, 2005, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.32-35.

SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D.; CASTRO C. de. Adubação nitrogenada do girassol nos Cerrados de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 7p.(Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 8).

SMIDERLE, O.J. Orientações gerais para o cultivo do girassol em Roraima. Embrapa Informa, Roraima, v.6, n.8, Dez. 2000. Disponível em: <[http://www.cpafrf.embrapa.br/index.php/cpafrf/publica\\_es/embrapa\\_informa](http://www.cpafrf.embrapa.br/index.php/cpafrf/publica_es/embrapa_informa)>. Acesso em: 20 Agosto. 2009.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, V.B.R. O boro na cultura do girassol. Semina, Londrina, v. 25, n.1, p.27-34, 2004.

UNGARO, M. R. G. Girassol (*Helianthus annuus* L.). Boletim Informativo do Instituto Agrônomo, Campinas, v.200, n.5, p.112-113, 1990.

UNGARO, M. R. G. Cultura do girassol. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, Campinas, 2000. v. 188, p. 1-36, 2000.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D.R.(Ed.). Irrigation of agricultural crops. Madison: American Society of Agronomy, 1990. 775-794 p.(Agronomy, 30).

VIGIL, M.F. Fertilization in Dryland Cropping Systems: a brief overview Central Great Plains Research Station-USDA-ARS, 2000. Disponível em: [www.akron.ars.usda.gov](http://www.akron.ars.usda.gov)

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

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