

FRED DENILSON BARBOSA DA SILVA

**BORO, CULTIVAR E LOCAL DE CULTIVO AFETAM A
PRODUTIVIDADE DE AQUÊNIOS E ÓLEO DE GIRASSOL?**

**Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586b
2012

Silva, Fred Denilson Barbosa da, 1980-

Boro, cultivar e local de cultivo afetam a produtividade de
aquênios e óleo de girassol? / Fred Denilson Barbosa da Silva.
– Viçosa, MG, 2012.
78f. : il. ; 29cm.

Orientador: Paulo Geraldo Berger

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Helianthus annuus*. 2. Girassol. 3. Boro.
4. Micronutrientes. 5. Análise foliar. 6. Plantas cultivares.
7. Ácidos graxos. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.93399

FRED DENILSON BARBOSA DA SILVA

**BORO, CULTIVAR E LOCAL DE CULTIVO AFETAM A
PRODUTIVIDADE DE AQUÊNIOS E ÓLEO DE GIRASSOL?**

**Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.**

APROVADA: 17 de setembro de 2012.

Luiz Antônio dos Santos Dias
(Coorientador)

Leonardo Angelo de Aquino
(Coorientador)

Trícia Costa Lima

Roberto Fontes Araújo

Paulo Geraldo Berger
(Orientador)

A DEUS, por me conceder a vida. Aos meus pais, José Nilton Mariano da Silva e Maria Antonia Barbosa da Silva e a minha irmã Geysla Alynne Barbosa da Silva por ter sido os pilares nos momentos difíceis e alegres da minha vida. Agradeço por ter sempre acreditado na minha capacidade de vencer as árduas batalhas. A minha esposa Rafaella da Silva Nogueira que durante esses anos mostrou ser uma pessoa carinhosa, atenciosa e especialmente amorosa. Companheira incansável e compreensiva.

DEDICO

Ao meu querido irmão Fábio Leno Barbosa da Silva (*in memoriam*) pelo seu companheirismo e amizade eterna, a minha amada Avó Maria do Carmo Mariano da Silva (*in memoriam*) pelo amor e carinho.

OFEREÇO

"É perguntando, é questionando, é contestando muitas vezes, que o homem se esclarece",

Maria do Rosário

AGRADECIMENTOS

A DEUS por ter me concedido saúde para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular, ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização desta pesquisa.

A CAPES e CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado durante a realização do curso.

Ao professor Orientador Paulo Geraldo Berger pelo apoio, colaboração, incentivo técnico e amizade construída.

Ao professor coorientador Leonardo Angelo de Aquino pela participação ativa, atenção e dedicação no desenvolvimento desse trabalho e pela amizade.

Aos professores Luiz Antonio dos Santos Dias e Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias pela coorientação no desenvolvimento desse trabalho de pesquisa, colaboração no desenvolvimento do estudo de armazenamento de sementes dessa espécie e pelo apoio e amizade.

A Professora Tricia Costa Lima da Universidade Estadual de Goiás e ao pesquisador Roberto Fontes Araújo da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais pelas suas sugestões, críticas e por todos os ensinamentos transmitidos durante a defesa de Tese.

Aos funcionários da Universidade Federal de Viçosa, especialmente da Fazenda Experimental de Coimbra-MG pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa pelo apoio e realização deste trabalho.

Aos funcionários da Divisão de transporte pela dedicação e atenção durante as viagens de campo para avaliações dessa pesquisa.

Aos alunos e técnicos da Unidade Experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no Norte de Minas Gerais - Campus Januária pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, especial aos técnicos Domingos e Itamar pelo auxílio na determinação dos teores dos nutrientes na folha índice.

Ao Laboratório do Bioagro, especialmente ao professor Maurílio Alves Moreira e ao pesquisador Nilton Denis Piovesan, por ter autorizado o uso dos equipamentos na determinação dos ácidos graxos saturados e insaturados dos aquênios de girassol.

Ao Laboratório de Zootecnia, especial ao professor Edênio por ter autorizado o uso dos equipamentos e auxílio na análise do teor de óleo dos aquênios de girassol.

A minha esposa Rafaella da Silva Nogueira pelo auxílio na coleta de dados, pela as correções, sugestões e críticas na redação desse trabalho.

Aos meus amigos Gessimar Nunes Camelo e Luiz Eduardo Panozzo pela participação na coleta dos dados, críticas e sugestões desse trabalho. Vale ressaltar ainda momentos de agradáveis convívios e, principalmente, pela amizade construída.

Aos meus amigos Thiago Oliveira Vargas e Jacson Zucki pela amizade e conselhos que foram fundamentais na contribuição do curso de Doutorado.

Aos amigos Fábio Diniz Oliveira, Marcos, Paulo, Glauter, Marcelo e Rafael do Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Viçosa pela alegre convivência.

Aos amigos Antonio Resende, Robson Peluzio, Raimundo Nonato e Delineide Gomes pela companheirimo durante a realização das disciplinas desse curso.

As empresas Dow AgroScience e EMBRAPA soja pela doação das sementes nos experimentos.

BIOGRAFIA

Fred Denilson Barbosa da Silva, filho de Maria Antonia Barbosa da Silva e de José Nilton Mariano da Silva, nasceu no dia 03 de novembro de 1980, no município de Fortaleza, no Estado do Ceará.

Em maio de 2001, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal do Ceará, vindo a concluí-lo em fevereiro de 2005.

Em Agosto de 2005, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia, setor de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal do Ceará. Concluiu em Agosto de 2007.

O curso de Doutorado em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa teve o início em Agosto de 2008 e o término em setembro de 2012.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1.1 Introdução geral	10
1.2 Cultivares de girassol: híbrido e variedade de polinização aberta.....	12
1.3 Produtividade de aquênios e qualidade de óleo de cultivares de girassol em diferentes condições de cultivo.....	13
1.4 Boro e a produtividade de aquênios e do óleo em diferentes cultivares de girassol.....	15
1.5 Objetivos	16
1.6 Referências	16
CAPÍTULO I <u>Produtividade, estado nutricional e teor do óleo de girassol em função de doses de boro</u>	21
2.1 Resumo	21
2.2 Abstract	21
2.2 Introdução.....	22
2.3 Material e métodos.....	23
2.4 Resultados e discussão	27
2.5 Conclusões.....	34
2.6 Referências	34
CAPÍTULO II <u>Cultivar, local de cultivo e adubação com boro alteram o estado nutricional e a produtividade do girassol?</u>	38
3.1 Resumo	38
3.2 Abstract	39
3.3 Introdução.....	39
3.4 Material e métodos.....	40
3.5 Resultados e discussão	43
3.6 Conclusões.....	55
3.7 Referências	55
CAPÍTULO III <u>Cultivar, boro e local de cultivo afetam o rendimento e qualidade do óleo de girassol?</u>	58
4.1 Resumo	58
4.2 Abstract	59
4.3 Introdução.....	60
4.4 Material e métodos.....	61
4.5 Resultados e discussão	64
4.6 Conclusões.....	72
4.7 Referências	73
5. Conclusões gerais.....	78

RESUMO

SILVA, Fred Denilson Barbosa da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Setembro de 2012. **Boro, cultivar e local de cultivo afetam a produtividade de aquênios e óleo de girassol?** Orientador: Paulo Geraldo Berger. Coorientadores: Luiz Antônio dos Santos Dias, Leonardo Angelo de Aquino e Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

Na cultura do girassol, a adubação com boro (B) tem sido decisiva na produtividade de aquênios e de óleo. A escolha da cultivar e da época de semeadura é fundamental para atingir altas produtividades de aquênios com óleo de melhor qualidade. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o estado nutricional, a produtividade de aquênios e o teor de óleo de três cultivares de girassol como variáveis de doses de B e de dois locais de cultivo (Januária-MG e Coimbra-MG). Foram realizados quatro experimentos. No primeiro experimento, aplicaram-se as doses de 0; 3; 6; 9 e 12 kg ha⁻¹ de B. A cultivar utilizada foi a M-734. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os demais experimentos foram instalados em Coimbra-MG e em Januária-MG. Em Coimbra, o primeiro experimento foi realizado no período de março a agosto (Coimbra março/2010) e o outro de maio a setembro (Coimbra maio/2010). Em Januária, o experimento foi realizado no período de março a julho (Januária março/2010). As cultivares utilizadas foram BR-122/V2000, M-734 e MG-02. Nesse experimento as doses foram de 0 e 6 kg ha⁻¹ de B. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. O arranjo fatorial foi de 3 cultivares x 2 doses de boro nos três locais de cultivo. Foram avaliados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e B, Fe, Mn, Zn e Cu na folha e no aquênio, bem como o teor de óleo, a composição dos ácidos graxos da fração lípidica e o teor de proteína. Foram determinados a produtividade e a massa de mil aquênios e o rendimento do óleo. Para o experimento que determinou o teor crítico de B no solo e na folha, utilizou-se análise de regressão. No trabalho que avaliou o efeito das cultivares e das doses de B nos três ambientes aplicou-se o teste Tukey quando necessário. As doses de máxima eficiência técnica e econômica foram de 6,29 e 3,13 kg ha⁻¹ de B, respectivamente. O nível crítico de B nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm do solo para obter a máxima eficiência econômica com a aplicação de B foi de 0,44 e 0,43 mg dm⁻³ de B, respectivamente. O nível crítico de B na folha índice com a dose de máxima eficiência econômica foi de 32,4 mg kg⁻¹ de B. As doses de B não afetaram o teor de óleo, tampouco a composição dos ácidos graxos palmítico, esteárico, oleico e linoleico. A adubação com B aumentou o teor de K na folha índice no cultivo de Coimbra com semeadura em março e maio, independente da cultivar. A cultivar BR-122/V2000 apresentou maior teor de P na folha quando cultivada na presença da adubação com B. A média dos teores dos nutrientes na folha nos três experimentos seguiram a sequência decrescente para os macronutrientes K>N>Ca>Mg>P>S e para os micronutrientes Mn>Zn>B=Fe>Cu. As cultivares M-734 e MG-02 apresentaram maior produtividade de aquênios em Januária. Nos cultivos de Coimbra, as cultivares apresentaram produtividades similares. Nesse local, a semeadura em maio reduziu a produtividade de aquênios das cultivares. A cultivar BR122-V2000 aumentou o conteúdo de proteína sem comprometer o teor de óleo quando a temperatura do ar foi maior na fase de maturação. Essa cultivar dependeu de maior temperatura do ar para sintetizar mais ácido graxo oleico. A cultivar M-734 sintetizou maior teor de palmítico quando a temperatura do ar foi menor. A síntese de ácido graxo oleico e linoleico na cultivar MG-02 não variou com as condições de cultivo. A síntese do ácido graxo esteárico das cultivares não variou com as alterações da temperatura do ar. O cultivo em Januária com semeadura em março proporcionou maior teor de ácido graxo oleico. O maior percentual de ácido linoleico foi verificado em Coimbra na semeadura em março.

ABSTRACT

SILVA, Fred Denilson Barbosa da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2012. **Boron, cultivar and growing conditions does affects the productivity of achenes and sunflower oil?** Adviser: Paulo Geraldo Berger. Co-advisers: Luiz Antônio dos Santos Dias, Leonardo Angelo de Aquino and Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

In sunflower cultivation, fertilization with boron (B) has been critical in the productivity of grain and oil. The choice of cultivar and sowing season is essential for attaining high yields of achenes with oil of better quality. This study aimed to evaluate the nutritional status, productivity of achenes and oil content of three sunflower cultivars as variable doses of B and two growing sites (Januária-MG and Coimbra-MG). Four experiments were conducted. In the first experiment, were applied the doses of 0, 3, 6, 9 and 12 kg ha⁻¹ of B. The cultivar used was the M-734. The experimental design was a randomized block with four replications. Other experiments were conducted in Coimbra-MG and Januária-MG. In Coimbra, the first experiment was carried out from March to August (Coimbra, March 2010) and the other from May to September (Coimbra, May 2010). In Januária, the experiment was carried out from March to July (Januária, March 2010). The cultivars used were BR-122/V2000, M-734 and MG-02. In this experiment, the doses were 0 and 6 kg ha⁻¹ of B. The experimental design was a randomized block with four replications. The factorial was 3 cultivars x 2 doses of boron within three growing conditions. Nitrogen, P, K, Ca, Mg, S and B, Fe, Mn, Zn and Cu content were evaluated in the leaf, achene and oil, the fatty acid composition of the lipid fraction and protein content. The productivity and mass of a thousand achene and oil yield were determined. The regression analysis was used in the experiment which has determined the critical content of B in the soil and leaf. When appropriate, the Tukey test was applied in the work that assessed the effect of cultivars and B doses in three environments. The highest doses of technical and economic efficiency were 6.29 and 3.13 kg ha⁻¹ of B, respectively. The critical level of B at 0-20 cm and 20-40 cm of soil for optimum economic efficiency through the application of B was 0.44 and 0.43 mg dm⁻³ of B, respectively. The critical level of B in the index leaf with the highest economic efficiency dose was 32.4 mg kg⁻¹ of B. The doses of B did not affect the oil content, neither the fatty acid composition of palmitic, stearic, oleic and linoleic. Boron fertilization increased K content in the index leaf in Coimbra cultivation with sowing in March and May, regardless of cultivar. Cultivar BR-122/V2000 showed higher P content in the leaf when cultivated in the presence of B fertilization. Mean levels of nutrients in the leaf in three experiments followed the descending sequence for macronutrient K > N > Ca > Mg > P > S and micronutrient Mn > Zn > B = Fe > Cu. The cultivars M-734 and MG-02 showed higher productivity of achenes in Januária. In Coimbra cultivations, cultivars showed similar productivities. In this location, sowing in May reduced the productivity of achenes' cultivars. The cultivar BR122-V2000 increased protein content without compromising the oil content when the air temperature was higher in the maturity phase. This cultivar relied on higher air temperature to synthesize more oleic fatty acid. The cultivar M-734 synthesized higher content of palmitic when the air temperature was lower. The synthesis of oleic and linoleic fatty acid in cultivar MG-02 did not vary with growing conditions. The synthesis of stearic fatty acid of the cultivars did not vary with changes in air temperature. The cultivation in Januária with sowing in March increased the content of oleic fatty acid. The highest percentage of linoleic acid was observed in Coimbra, sowed in March.

1.1 Introdução geral

A cultura do girassol apresenta óleo com maior valor agregado devido ao elevado teor de ácido graxo oleico e linoleico quando comparado com o da soja (Codex Alimentarius Committee, 2011; USDA, 2011). A maior demanda por óleo de melhor qualidade pelas indústrias tem aumentado o interesse do girassol pelos produtores (USDA, 2012). O girassol tem sido ainda uma alternativa viável no sistema de rotação de cultura tanto na produção de grãos para alimentação de pássaros como na matéria-prima para o biodiesel (Ferrari et al., 2009; Conab, 2012).

O girassol está entre as quatro oleaginosas do mundo em termos de produção de óleo. Essa produção é resultante do progressivo aumento da área plantada, do teor de óleo nos aquênios e da produtividade de aquênios por hectare. A produção mundial de aquênios de girassol entre 2006 e 2012 no mundo cresceu 30%. Nessa última safra, a produção mundial alcançou 39 milhões de toneladas de aquênios. A Ucrânia, União Europeia-27, Rússia, Turquia e Argentina foram os principais responsáveis por essa produção (USDA, 2012).

O Brasil contribuiu apenas com 0,28% da produção mundial de aquênios na safra 2011/2012. Nessa safra, a área plantada e a produtividade de aquênios no Brasil foram em torno de 75,5 mil hectares e 1494 kg ha⁻¹, respectivamente. Em Minas Gerais, a área cultivada foi de 4,8 mil hectares com produtividade média de 1292 kg ha⁻¹, na safra de 2011/2012 (Conab, 2012). Essa menor produtividade sugere que aplicações de novas tecnologias são necessárias para implantação competitiva do sistema de produção da cultura no referido Estado. Entre estas tecnologias, podemos destacar a escolha de cultivares adaptadas ao ambiente, com alta produtividade de aquênios e de óleo. Essas informações são necessárias, pois as principais cultivares de girassol utilizadas no Brasil foram desenvolvidas em outros países, com características de solo e clima diferentes (Porto et al., 2009).

A produtividade de aquênios e o teor de óleo não são os únicos fatores influenciados pelas condições ambientais, uma vez que existe relação entre a temperatura do ar e a insaturação dos ácidos graxos no girassol (Ungaro et al., 1995; Lagravère et al., 2004). A interação entre a temperatura do ar e a característica genética da cultivar é que determina a composição final dos ácidos graxos saturados e insaturados nos aquênios do girassol. As cultivares de girassol são classificadas de acordo com o teor de ácido graxo linoleico e oleico no óleo. Cultivares com a percentagem de ácido graxo linoleico no óleo variando de 48 a 74% são denominadas de tradicionais ou convencionais. Por sua vez, cultivares com a composição entre 75 a 90% de ácido graxo oleico no óleo são classificadas de alto oleico

(Codex Alimentarius Committee, 2011). Essa diferença na composição nos ácidos graxos oleico e linoleico no óleo entre os grupo de cultivares depende, principalmente, da atividade da enzima oleoil desaturase mais fosfatidilcolina (Rolletschek et al., 2007). Essa enzima é responsável por mais uma insaturação no ácido graxo oleico que passa a ser denominado de linoleico (Garcés e Mancha, 1991).

A variação na composição dos ácidos graxos pode implicar destinos diferentes do óleo na indústria (Mandarino et al., 2005). Na indústria alimentícia, o óleo com maior percentual de ácido graxo linoleico é melhor aproveitado na produção da margarina tipo soft. Por sua vez, o óleo com maior percentagem de ácido graxo oleico tem sido mais indicado para uso no processo de frituras. Isso ocorre devido à maior estabilidade oxidativa e à menor produção de ácidos graxos trans no processo de refinamento do óleo com alto percentual de ácido graxo oleico (Jorge e Gonçalves, 1998; Smith et al., 2007; Petersen et al., 2011).

O biodiesel produzido a partir do óleo de girassol e etanol apresentam características que atendem às especificações da Agência Nacional de Petróleo (ANP) (Ferrari et al., 2009). A estabilidade à oxidação é uma exigência da ANP, que mede o tempo mínimo necessário para que o óleo apresentem alterações sob a temperatura de 110°C. Segundo Ferrari et al. (2009), a estabilidade à oxidação do biodiesel de girassol é o ponto crítico para atender a exigência da ANP. A variação na composição química dos ácidos graxos polinsaturados pode melhorar a estabilidade à oxidação do biocombustível (Bronzel et al., 2009). No girassol, o óleo com maior teor de ácido graxo oleico pode aumentar a estabilidade à oxidação do biodiesel. Esse tipo de óleo pode ainda ser interessante em mistura com outros óleos que não atendem às especificações da ANP quando usados isoladamente. O maior teor de ácido graxo oleico no óleo de girassol também tem beneficiado os produtores durante a comercialização nos Estados Unidos (Zheljaskov et al., 2009) e no Brasil, especificamente, no Mato Grosso.

A maior exigência de B pela cultura do girassol também tem limitado o desenvolvimento adequado da planta. A deficiência de B prejudica mais a fase reprodutiva que a vegetativa no girassol (Asad et al., 2002; 2003). A deficiência de B na floração proporciona danos no meristema das flores. Isso limita o desenvolvimento do tubo polínico, principalmente no centro da inflorescência (Hernandez, 2002). Na maturação dos aquênios, a síntese dos lipídios é prejudicada pelo crescimento irregular da célula (Chatterjee e Nautiyal, 2000; Dube et al., 2000). Esses danos aumentam o número de aquênios vazios e diminui o acúmulo de lipídios nos aquênios. Isso afeta diretamente a produtividade de

aquênios e de óleo. Assim, é necessário que o programa de adubação com B atenda a exigência desse nutriente pela cultura do girassol, principalmente, na fase reprodutiva.

A correção da deficiência de B depende da cultivar e das características físico-químicas do solo. A escolha de cultivares eficientes no uso do B pode ser uma alternativa viável para solos com o teor desse nutriente abaixo do nível crítico (Souza et al., 2003). Outra opção recomendável seria a adição de maior quantidade de fertilizantes (Yamada, 2000). Essa prática requer a correta identificação da deficiência de B no solo. O teor de B disponível para as plantas tem sido mais indicado para determinar a dose aplicada. Contudo, esse teor de B nas tabelas oficiais de recomendação ainda não está bem estabelecido (Rosolem et al., 2008). Essa limitação pode estar relacionada à diferença genética entre as cultivares no uso do B e na variação das características físico-químicas dos solos (Souza et al., 2003; Lima et al., 2007).

Essas considerações justificam a necessidade de indicar cultivares adaptadas ao baixo suprimento de B ou doses de B mais eficientes economicamente. Nessa perspectiva econômica, a produtividade de óleo com maior teor de ácido graxo oleico tem ganho destaque comercialmente. Para isso, a avaliação de cultivares em diferentes locais de cultivo e doses de B é fundamental para determinar o efeito dessa interação na produtividade de aquênios, de óleo e da composição dos ácidos graxos oleico e linoleico.

1.2 Cultivares de girassol: híbrido e variedade de polinização aberta

Sendo o girassol uma cultura em ascensão devido à crescente demanda da indústria por o óleo de melhor qualidade, a obtenção de informações sobre produtividade de aquênios e de óleo e sobre a composição dos ácidos graxos das cultivares é indispensável. Por isso, avaliações dessas características podem aumentar a competitividade econômica da cultura no Brasil. Entretanto, a maioria das cultivares utilizadas ou em lançamento foram desenvolvidas em outros países, com características de solo e clima diferentes (Porto et al., 2009). Os principais híbridos de girassol disponíveis no mercado brasileiro, desenvolvidos em outros países, são M-734, MG-02, Agrobél 960, Helio 250 e Helio 251. Por sua vez, a maioria das variedades de polinização aberta, desenvolvidas nas regiões produtivas do Brasil, são BR-122 V-2000, Catissol-01, Catissol-02, Mutissol e IAC-arama (Smirdele et al., 2005; Amorim et al., 2007; Porto et al., 2009).

O M-734 é o híbrido simples originário do programa de melhoramento desenvolvido na Argentina pela Dow Agrosience. Esse híbrido é utilizado para produção de ensilagem e de óleo. O M-734 é indicado, principalmente, para regiões tropicais e subtropicais. Esse

híbrido tem sido utilizado como testemunha em diversos experimentos pela alta adaptabilidade e estabilidade produtiva dos aquênios (Amorim et al., 2007; Porto et al., 2009). O ciclo desse híbrido varia de 115 a 125 dias e a produtividade média, de 2000 a 4457 kg ha⁻¹. O teor de óleo varia de 35 a 40% (Dow Agrosience, 2012; Porto et al., 2009; Aquino et al., 2012).

O híbrido simples MG-02 é adaptado às condições da Argentina. Em 75 ensaios, na Zona Sul desse país, o MG-02 alcançou produtividade média de 2795 kg ha⁻¹ de aquênios. O ciclo e o teor de óleo médio variam em torno de 116 dias e de 49%, respectivamente. Assim como na cultivar M-734, o MG-02 tem como característica menor dependência de polinizadores, pois apresenta menor autoincompatibilidade (Dow Agrosience, 2012).

A variedade de polinização aberta BR-122/V2000 é proveniente da seleção da variedade Issanka de origem Francesa. A BR-122/V2000 foi avaliada na safra de 1991 e 1996 nos Estados do Rio grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais para ser lançada no ano de 1997. Seu ciclo varia de 93 a 110 dias. A produtividade média pode atingir 1503 kg ha⁻¹ quando semeada em janeiro/fevereiro na região central. Nessa época de semeadura, o teor de óleo pode atingir 39,9% (Castiglioni et al., 1997; Embrapa, 2007). Por outro lado, em cultivo irrigado, apresenta potencial produtivo de 3412 a 3948 kg ha⁻¹ de aquênios (Oliveira et al., 2005; Silva et al., 2011; Aquino et al., 2012).

Considerando essas informações básicas e visando o aumento da competitividade da cultura girassol no Estado de Minas Gerais, as cultivares escolhidas para serem avaliadas no nosso trabalho foram a M-734, MG-02 e BR-112/V2000.

1.3 Produtividade de aquênios e qualidade de óleo de cultivares de girassol em diferentes condições de cultivo

As principais cultivares de girassol no Brasil são consideradas insensíveis ao fotoperíodo e apresentam tolerância ao estresse hídrico (Castro e Farias, 2005). Essa cultura adapta-se aos climas tropicais, subtropicais e temperados. Apesar disso, o efeito do estresse hídrico na formação do capítulo compromete a produtividade dos aquênios. No processo de maturação dos aquênios, o estresse hídrico, temperaturas do ar e radiação solar desfavoráveis influenciam negativamente na produtividade de aquênios e no teor de óleo (Kaleem et al., 2009; Thomaz et al., 2012).

A perda na produtividade de aquênios por baixas temperaturas do ar durante a maturação dos aquênios inibe a translocação de fotoassimilados e aumenta o acúmulo de

sacarose na folha. A menor exportação e utilização de carboidratos pode inibir a fotossíntese na folha (Paul et al., 1990;1991; Sims et al., 1999). Isso compromete o transporte de carboidratos no enchimento dos aquênios, principalmente no centro do capítulo. A permanência desse estresse pode danificar as conexões vasculares entre a inflorescência e os aquênios (Alkio e Grimm, 2003). Por conseguinte, maior taxa de aquênios vazios ocorre devido ao desequilíbrio entre a fonte e o dreno, principalmente no centro do capítulo (Alkio et al., 2003).

A baixa produtividade de aquênios foi constatada por Kaleem et al. (2009) quando ocorriam baixas temperaturas do ar durante o enchimento dos aquênios dos híbridos Alisson-RM, Parasio-24, MG-2 e S-278. No Brasil, no Centro Sul do Paraná, quando a semeadura foi feita tardiamente, o enchimento dos aquênios foi menor (Thomaz et al., 2012). Segundo esses autores, com a diminuição da radiação solar, a produtividade de aquênios foi reduzida pela menor taxa fotossintética.

A temperatura do ar e a radiação solar também alteram o teor de óleo do girassol (Castro e Farias, 2005). Essa resposta depende da época de semeadura e das características genética da cultivar. Ungaro et al. (1995) verificaram que o teor de óleo decresceu nas cultivares IAC-Anhandy e VNIIMK quando a temperatura do ar foi de 10 e 12,5°C, respectivamente. Por sua vez, o teor de óleo aumentava na cultivar Contisol-621 quando a temperatura do ar foi de 24°C. Thomaz et al. (2012) verificaram que a redução da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pode afetar a massa dos aquênios e o teor de óleo quando a semeadura foi realizada tardiamente.

A temperatura do ar afeta também a síntese do ácido graxo oleico para o linoleico nos aquênios. Esse processo ocorre quando a temperatura do ar varia de 10 a 40° C durante a maturação dos aquênios. Quando ocorre menor temperatura do ar durante o processo de maturação nos aquênios, a demanda por oxigênio nos tecidos não fotossintéticos aumenta. Essa maior demanda é resultado do incremento da atividade da enzima oleoil dessaturase mais fosfatidilcolina. Nessa reação, a dessaturação do ácido graxo oleico para linoleico é incrementada. Em contrapartida, maiores temperaturas do ar reduzem atividade da enzima. Por isso, verifica-se o maior acúmulo do ácido graxo oleico quando comparado com o ácido graxo linoleico (Rolletschek et al., 2007).

A escolha de cultivares adaptadas ao ambiente e a semeadura em épocas adequadas podem evitar o efeito drástico da menor radiação solar e baixas temperaturas do ar na produtividade de aquênios e no teor de óleo. Por sua vez, esse último fator climático pode alterar os teores do ácido graxo oleico e linoleico.

1.4 Boro e a produtividade de aquênios e do óleo em diferentes cultivares de girassol

O papel biológico do B está relacionado com a integridade da membrana e a formação da parede celular (Cakmak e Romheld, 1997). A capacidade do B formar complexos com os grupos cis-diol pode ser responsável por essa função biológica (Marschner, 1995). Em plantas deficientes em B, pode haver maior produção de fenol na célula com subsequente formação de quinonas reativas. Nessas células, a lesão por peroxidação pela quinonas reativas proporciona perda da integridade da membrana. Essas alterações impedem a atividade da bomba de prótons. Por conseguinte, o funcionamento adequado do metabolismo da célula é afetado (Cakmak e Romheld, 1997; Blevins e Lukaszewski, 1998).

A cultura do girassol tem sido mencionada na literatura como uma planta exigente e com baixa eficiência no aproveitamento do B (Cakmak e Romheld, 1997; Souza et al., 2003). O baixo teor de B dos solos brasileiros tem tornado a deficiência de B uma limitação para alcançar altas produtividades de aquênios de girassol. Para isso, o uso de cultivares eficientes e com capacidade de responder à adubação com esse nutriente, pode ser uma alternativa viável para o cultivo do girassol (Marchetti et al., 2001; Souza et al., 2003; Castro et al., 2006).

A aplicação de 1 kg ha^{-1} B tem sido recomendada quando os níveis de B no solo estão abaixo dos valores considerados adequados (Alvarez et al., 1999). Esses autores sugeriram, para diversas culturas, o nível crítico de $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$ de B no solo. Apesar disso, Rosolem et al. (2008) alertaram que os teores das tabelas oficiais de recomendação devem ser analisados com restrição. Esses autores constataram que a soja apresentou teor de B adequado na folha e produtividade satisfatória mesmo com o B abaixo do nível crítico no solo.

Silva e Ferreyra (1998) determinaram que abaixo de $0,45 \text{ mg kg}^{-1}$ de B no solo, o cultivo do girassol não alcança a produção máxima de 90% da massa seca da parte aérea. No experimento de campo, Foloni et al. (2010) constataram que o teor de $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$ de B no solo não foi suficiente para suprir a exigência da cultivar M-742. Por outro lado, Bonacin et al. (2009) verificaram que o teor de $0,22 \text{ mg dm}^{-3}$ de B no solo foi suficiente para suprir a cultivar BR-122/V2000. Esse comportamento diferenciado sugere que a cultivar, características físico química do solo e condições climáticas são componentes que interferem na adubação com B (Ferreyra e Silva et al., 1999; Ferreira et al., 2001; Souza et al., 2003). Assim, em solo arenoso, a lixiviação é um dos principais componentes que interferem na adubação com B (Rosolem e Bíscaro, 2007). Por sua vez, solos argilosos com

maiores teores de óxidos de Fe e Al, pode comprometer adubação com B por adsorção (Ferreira e Silva et al., 1999). Por isso, na correção da deficiência de B, a cultivar e o ambiente de cultivo são fatores fundamentais para indicar uma adubação com B mais adequada.

1.5 Objetivos

Avaliar o efeito da adubação com B no teor desse nutriente no solo e nos teores dos nutrientes na folha índice, na produtividade de aquênios, no teor do óleo e na composição dos ácidos graxos do óleo de girassol.

Avaliar o estado nutricional e a produtividade de aquênios das cultivares de girassol, como variável do local de cultivo e da aplicação do B.

Avaliar os componentes de produção e composição dos ácidos graxos de três cultivares de girassol em três locais de cultivo, na presença e ausência da adubação com B.

1.6 Referências

ALKIO, M.; GRIMM, E. Vascular connections between the receptacle and empty achenes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.54, p.345-348, 2003.

ALKIO, M.; SCHUBERT, A.; DIEPENBROCK, W.; GRIMM, E. Effect of source -sink ratio on seed set and filling in sunflower - *Helianthus annuus* L. **Plant, Cell and Environment**, v.26, p.1609-1619, 2003.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. Aproximação. Viçosa : CFSEMG, 1999. p.25-32. 1999.

AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; UNGARO, M.P.R.; KIIHL, T.A.M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1637-1644, 2007.

AQUINO, L.A.; SILVA, F.D.B.; BERGER, P.G. Caracteres agrônômicos e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, prelo, 2012.

ASAD, A.; BLAMEY, F.C.P.C.; EDWARDS, D.G. Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. **Plant and Soil**, v.243, p. 243-252, 2002.

ASAD, A.; BLAMEY, F.C.P.C.; EDWARDS, D.G. Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. **Annals of Botany**, v.92, p. 565-570, 2003.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Plant Physiology**, v.49, p.481-500, 1998.

BONACIN, G.A.; RODRIGUES, T.J.D.; CRUZ, M.C.P.; BANZATTO, D.A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.111–116, 2009.

BRONZEL, M.J.D.; RAMPIN, M.A. Biodiesel - Visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**. v.32 p.776-792. 2009.

CAKMAK, I.; ROMEHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, v.193, p.71-83, 1997.

CASTIGLIONI, V.B.R.; LEITE, R.M.V.B.C.; OLIVEIRA, M.F. **Variedade de girassol – V2000**. Londrina: CNPSo, 1997. 1 foder.

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. **Ecofisiologia do girassol**. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHRNTI, A. M.; CASTRO, C. Girassol no Brasil. 1 ed. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. Cap. 9, p. 317-365.

CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R.F.; DECHEN, A.R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.214-220, 2006.

CHATTERJEE, C.; NAUTIYAL, N. Developmental aberrations in seeds of boron deficient sunflower and recovery. **Journal of plant nutrition**, v. 23, n.6, p.835-841, 2000.

CODEX ALIMENTARIUS COMMITTEE. **Codex Standard for Named Vegetable Oils**. Codex-Stan 210-1999. 2011. Disponível: <http://www.codexalimentarius.net>> Acesso em 20 jul. 2012.

CONAB - COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura mensal junho 2012: Safra 2011/2012**. Disponível em <http://www.conab.br>. Acesso em: 01 julho 2012. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

DOW AGROSCIENCE. **Catálogo de sementes**. 2012. Disponível: <<http://www.dowagro.com.br/produtos/sementes>.> Acesso em 20 jul. 2012.

DUBE, B.K.; SINHA, P.; CHARTTERJEE, C. Boron stress affects metabolism and seed quality of sunflower. **Tropical agriculture**, v.77, n.2, 2000.

EMBRAPA. **Catálogo de produtos e serviços**. 2007. Disponível: <http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONT000f6jiw97r02wx5af000lwo7x8il6nj.html> Acesso em 24 set. 2012.

FERRARI, R.A.; SOUZA, W.L. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel de óleo de girassol com antioxidantes. **Química Nova**, v.32, n.106-111, 2009.

FERREIRA G.B FONTES R.L.F FONTES M.R.F ALVAREZ V.H. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25 n.1 p.91-101, 2001.

FERREYRA H., F.F.; SILVA, F.R. Frações de Boro e índices de disponibilidade em solos do estado do Ceara. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.227-236, 1999.

FOLONI, J. S. S.; GARCIA, R.A.; CARDOSO, C.L.; TEIXEIRA, J.P.; FILHO, H.G. Desenvolvimento de grãos e produção de fitomassa do girassol em função de adubações boratadas. **Bioscience Journal**, v.26, n.2, p. 273-280, 2010.

GARCÉS R, MANCHA M. In vitro oleate desaturase in developing sunflower seeds. **Phytochemistry**, v.30, p.2127–2130, 1991.

HERNANDEZ, L.F. Initiation and differentiation of floret primordia in naturally wounded capitula of boron deficient sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Helia**, v.25, p.1-8. 2002.

JORGE, N.; GONÇALVES, L.A.G. Comportamento do óleo de girassol com alto teor de ácido oleico em termoxidação e fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.3, 1998.

KALEEM, S.; UL-HASSAN, F.; SALEEM A. Influence of environmental variations on physiological attributes of sunflower. **African Journal of Biotechnology**, v.8, n.15, p 3531-3539, 2009.

LAGRAVÈRE, T.; KLEIBER, D.; SUREL, O.; CALMON, A.; BERVILLÉ, A.; DAYDE, J. Comparison of Fatty Acid Metabolism of Two Oleic and One Conventional Sunflower Hybrids: A New Hypothesis. **Journal Agronomy e Crop Science**, v.190,p.223-229, 2004.

MANDARINO J. M. G. **Óleo de girassol como alimento funcional**. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. Girassol no Brasil. 1 ed. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. Cap. 3, p.43-49.

MARCHETTI, M.E.; MOTOMYA, W.R.; FABRÍCIO, A.C.; NOVELINO, J.O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarumv**, 23, n. 5, p. 1107-1110, 2001.

MARSCHNER H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. pp 379–396. Academic Press, San Diego, USA. 1995. p 379–396.

OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CARVALHO, C.G.P. **Melhoramento do girassol**. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. Girassol no Brasil. 1 ed. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. Cap. 11, p. 269-297.

PAUL, M.J.; LAWLOR, D.W.; DRISCOLL, S.P. The effect of cooling on photosynthesis amounts of carbohydrate and assimilate export in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.845-852, 1991.

PAUL, M.J.; LAWLOR, D.W.; DRISCOLL, S.P. The effect of temperature on photosynthesis and carbon fluxes in sunflower and rape. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.547-555, 1990.

PETERSEN, K.D.; KLEEBERG, K.K.; JAHREIS, G.; FRITSCHÉ J. Assessment of the oxidative stability of conventional and high-oleic sunflower oil by means of solid-phase

microextraction-gas chromatography. **International Journal Food Science Nutrition**, 2011, v.19.

PORTO, W.S.; CARVALHO, C.G.P.; PINTO, R.J.B.; OLIVEIRA, M.F. OLIVEIRA, A.C.B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para região subtropical do Brasil. **Ciência Rural**, v.39, p.2452-2459, 2009.

ROLLETSCHEK, H.; BORISJUK, L.; SÁNCHEZ-GARCIA, A.; GOTOR, C.; ROMERO, L.C.; MARTINEZ RIVAS, J.M.; MANCHA, M. Temperature-dependent endogenous oxygen concentration regulates microsomal oleate desaturase in developing sunflower seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p.3171–3181, 2007.

ROSOLEM, C.A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007.

ROSOLEM, C.A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em latossolo vermelho-amarelo do mato grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2375-2383, 2008.

ROSOLEM, C.A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2375-2383, 2008.

SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; SOUSA, C.C.M.; FILHO, J.V.P.; FREITAS, C.A.S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes laminas de irrigação no vale do curu Ce. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.57-64, 2011.

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

SIMS, D.A.; CHENG, W.; LUO, Y.; SEEMANN, J.R. Photosynthetic acclimation to elevated CO₂ in a sunflower canopy. **Journal of Experimental Botany**, v.50, p.645–653, 1999.

SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JUNIOR, M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 3, p. 331-336 2005.

SMITH, S.A.; KING, R.E; MIN, D.B. Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. **Food Chemistry**, v.102, p.1208-1213, 2007.

SOUZA, A., ARIAS, C.A.; M.F. OLIVEIRA, B.R. CASTIGLIONI. Selection of sunflower cultivars for boron efficiency using nutrient solution. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 3:125-132, 2003.

THOMAZ, G.L.; ZAGONEL, J.; COLASANTE, L.O.; NOGUEIRA, R.R. Produção do girassol e teor de óleo nas sementes em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Paraná. **Ciência Rural**, v.42, n.2, 2012.

UNGARO, M.R.G.; SENTELHAS, P.C.; TURATTI, J. M.; SOAVE D. Influência da temperatura do ar na composição de aquênios de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27 n. 6 p. 873-879, 1997.

USDA – United States Department of Agriculture. **Chapter III: statistics of oilseeds, Fats and oils. 2011.** Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2011/Chapter03.pdf> Acesso em: 12 jul. 2012.

USDA – United States Department of Agriculture. **Oilseeds: world markets and trade. 2012.** Disponível em: <<http://www.nass.usda.gov>> Acesso em: 12 ago. 2012.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas**, n.90, p.1-5, 2000.

ZHELJAZKOV, V.D.; VICK, B.A.; BALDWIN, B.S.; BUEHRING, N.; ASTATKIE, T.; JOHNSON, B. Oil content and saturated fatty acids in sunflower as a function of planting date nitrogen rate and hybrid. **Agronomy Journal**, v.101, p.1003-1011, 2009.

CAPÍTULO I

Produtividade, estado nutricional e teor do óleo de girassol em função de doses de boro

2.1 Resumo

A cultura do girassol tem sido mencionada na literatura como uma planta exigente em B e com baixa eficiência no uso desse nutriente. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito da adubação com B no teor desse nutriente no solo e nos teores dos nutrientes na folha índice, na produtividade de aquênios, no teor do óleo e na composição dos ácidos graxos do óleo de girassol. O experimento foi realizado em Januária. Utilizou-se a cultivar M-734. As doses foram 0; 3; 6; 9 e 12 kg ha⁻¹ de B. A fonte de B foi o ácido bórico. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. As variáveis analisadas foram teor de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Zn e Cu nas folhas e nos aquênios, produtividade de aquênios e teor de óleo e composição da acidez graxa. A dose de máxima eficiência técnica e econômica foi de 6,29 e 3,13 kg ha⁻¹, respectivamente. O nível crítico de B nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm do solo para obter a máxima eficiência econômica com a aplicação de B foi 0,44 e 0,43 mg dm⁻³ de B, respectivamente. O nível crítico de B na folha índice com a dose de máxima eficiência econômica foi de 32,4 mg kg⁻¹ de B. A adubação com B não alterou o teor de N, P, K, S, Mg e Mn na folha índice, mas aumentou o teor de Ca. A aplicação com B aumentou o teor de Zn e Cu na folha a partir de 4,07 e 6,13 kg ha⁻¹ de B, respectivamente. O teor de Fe na folha índice diminuiu até a dose de 3,59 kg ha⁻¹ de B. As doses de B não afetaram o teor de óleo, tampouco a composição dos ácidos graxos palmítico, esteárico, oleico e linoleico.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, ácidos graxos saturados, ácido graxos insaturados, macronutriente, micronutriente.

2.2 Abstract

The sunflower crop has been mentioned in the literature as a demanding plant in B with low efficiency in the use of this nutrient. This study aimed to evaluate the effect of B fertilization with its content in the soil and in the index leaf, on the productivity of achenes, oil content and fatty acid composition of sunflower oil. The experiment was conducted in Januária. It was used the cultivar M-734. Doses were 0, 3, 6, 9 and 12 kg ha⁻¹ of B. The B source was boric acid. The experimental design was a randomized block with four replications. The analyzed variables were N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Zn and Cu content in leaves and achenes, achenes' productivity and oil content and composition of fatty acidity.

The highest doses of technical and economic efficiency were 6.29 and 3.13 kg ha⁻¹, respectively. The critical level of B at 0-20 cm and 20-40 cm of soil for optimum economic efficiency through the application of B was 0.44 and 0.43 mg dm⁻³ of B, respectively. The critical level of B in the index leaf with the highest economic efficiency dose was 32.4 mg kg⁻¹ of B. Boron fertilization did not change the N, P, K, S, Mg and Mn leaf content, but increased the Ca content. The application with B increased Zn and Cu content in the leaf from 4.07 and 6.13 kg ha⁻¹ of B, respectively. The Fe content in the index leaf decreased in a dose of 3.59 kg ha⁻¹ of B. The doses of B did not affect the oil content, neither the fatty acid composition of palmitic, stearic, oleic and linoleic acid.

Keywords: *Helianthus annuus*, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, macronutrient, micronutrient.

2.3 Introdução

O cultivo do girassol tem despertado interesse dos produtores em razão da perspectiva de boa rentabilidade na semeadura de safrinha. Apesar da boa rentabilidade, a produtividade de aquênios está abaixo do seu potencial produtivo (Conab, 2012; Gomes et al., 2012). A aplicação de fertilizantes tem sido proposta com o intuito de melhorar o rendimento de aquênios na lavoura (Biscaro et al., 2008; Silva et al., 2011). A adubação com boro tem sido decisiva no aumento da produtividade de aquênios. Isso ocorre pela maior exigência da cultura do girassol ao B e pela baixa disponibilidade desse nutriente nos solos brasileiros (Ferreira et al., 2001; Marchetti et al., 2001; Souza et al., 2003; Castro et al., 2006).

A correção da deficiência do B no solo é influenciada por fatores como cultivar, luminosidade, umidade e temperatura do ar (Matoh e Ochiai, 2005; Souza et al., 2003; Castro et al., 2006). Atributos do solo como acidez, teores de óxidos de ferro e alumínio e manganês também interferem na correção da deficiência de B (Ferreira e Silva, 1999; Ferreira et al., 2001). Por isso, determinar o nível crítico de B no solo e na folha índice é fundamental para indicar a dose de B mais adequada.

O nível crítico de B no solo tem sido utilizado para determinar a melhor dose de B. Silva e Ferreira (1998) determinaram o nível crítico de 0,45 mg kg⁻¹ de B no solo para cultura do girassol. Esse valor foi obtido com base na derivada primeira da equação de produção relativa de massa seca da parte aérea. Em seguida, esses autores, obtiveram o nível crítico de B no solo a partir da estimativa do nível crítico de B no tecido para alcançar 90% de produção relativa de matéria seca. Quando o nível crítico de B no solo é menor que esse

valor crítico, a correção do solo por meio da adubação com esse nutriente é recomendada. Entretanto, a dose de máxima eficiência técnica nem sempre é mais viável economicamente. Assim, essa prática agrícola pode se tornar inviável para o produtor.

A dose recomendada para corrigir a deficiência de B varia conforme a característica do solo. Em solos de textura arenosa, a dose de 6 kg ha⁻¹ de B aumentou a produtividade de aquênios nas cultivares Isaanka, Record e Funtua na Nigéria (Oyinlola, 2007). Por outro lado, Foloni et al. (2010) verificaram que a dose de 1 kg ha⁻¹ de B aplicada em solo de textura média foi suficiente para proporcionar a máxima produtividade para a cultivar Morgan-742. Nos solos de textura arenosa com baixos teores de matéria orgânica, a lixiviação do B para a camada de 20-40 cm foi verificada por Rosolem e Biscaro (2007). Essa perda de B está entre os fatores que podem comprometer o sucesso da aplicação desse nutriente.

O adequado suprimento de B evita o inadequado crescimento da raiz, das folhas e das flores (Asad et al., 2002; 2003; Souza et al., 2003; Foloni et al., 2010). Entretanto, quando se aplicam doses elevadas de B à planta, o efeito tóxico pode comprometer o acúmulo de biomassa seca, principalmente na parte aérea (Marchetti et al., 2001). A má formação das sementes e a redução no teor de óleo têm sido mencionadas por Chatterjee e Nautiyal (2000) e Dube et al. (2000) também como efeito da deficiência de B.

O B pode também afetar o status nutricional dos demais nutrientes essenciais ao girassol, principalmente a absorção do Ca e K (Schon et al., 1990; Ferrol et al., 1993; Dechen e Nachtigall, 2006). Aplicação de B na cultura da batata tem melhorado o aproveitamento da adubação com K (Echer et al., 2009).

Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da adubação com B nos teores de nutrientes na folha índice e nos aquênios, na produtividade de aquênios, no teor de óleo e na composição dos ácidos graxos do óleo. Além disso, determinar os níveis críticos de B nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm do solo.

2.4 Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no Norte de Minas Gerais - Campus Januária. A área experimental está situada na latitude 15° 28' 55" S, longitude 44° 22' 41" W com altitude média de 474 m. O clima da região é classificado como tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso (Aw), de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação média anual

é de 850 mm, a umidade relativa do ar média é de 60% e a temperatura média do ar anual é de 27°C.

O trabalho foi desenvolvido entre março e agosto de 2010. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico. A caracterização química e física do solo encontra-se na Tabela 1. O preparo do solo constou de uma aração na camada de 0 a 20 cm, seguida de uma gradagem para destorroar e nivelar o solo.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo na camada de 0-20 cm após o preparo do solo e antes da semeadura do girassol. Januária-MG, UFV, 2010

Areia grossa (dag kg ⁻¹)	300	Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,00
Areia fina (dag kg ⁻¹)	570	H + Al (cmol _c dm ⁻³)	1,16
Silte (dag kg ⁻¹)	100	SB (cmol _c dm ⁻³)	2,37
Argila (dag kg ⁻¹)	30	T (cmol _c dm ⁻³)	3,53
M.O (dag Kg ⁻¹)	1,40	m (%)	0,00
pH	6,10	V (%)	67,9
P-rem (mg L ⁻¹)	44,4	Cu (mg dm ⁻³)	0,50
P (mg dm ⁻³)	48,3	Mn (mg dm ⁻³)	23,1
K (mg dm ⁻³)	25,0	Fe (mg dm ⁻³)	17,4
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	2,10	Zn (mg dm ⁻³)	2,50
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,20	B (mg dm ⁻³)	0,30

pH H₂O (1:2,5); Extrator Mehlich 1 - P, K, Fe, Zn, Mn e Cu; KCl 1 M - Ca²⁺, Mg²⁺; Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ pH 7 - H+Al; Fosfato monocálcico em ácido acético - S; M.O = Matéria Orgânica; P-rem = Fósforo remanescente; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica efetiva; m=Índice de saturação de alumínio; V= Índice de saturação de bases.

A cultura foi instalada no espaçamento de 0,65 m. A quantidade de três sementes da cultivar M-734 foram distribuídas a cada 0,3 m no sulco. Quando as plantas atingiram o estágio V₂ (2 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento), foi realizado o desbaste para ajustar a população para 45.000 plantas ha⁻¹.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de Boro: 0, 3, 6, 9 e 12 kg ha⁻¹ de B. A fonte utilizada foi ácido bórico (17% de B). Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por cinco linhas de 6 m de comprimento. As três linhas centrais, menos 50 cm de cada extremidade foram consideradas úteis.

As aplicações de B foram feitas a lanço na semeadura, na quantidade de 2,0 kg ha⁻¹ de B. O restante de cada dose foi dividida e aplicada na entrelinha quando as plantas estavam nos estádios V₄ e V₈, ou seja, 4 e 8 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento, respectivamente.

A cultura foi irrigada por aspersão convencional. Utilizou-se espaçamento de 12x12 m entre os aspersores, com vazão de 1,49 m³ h⁻¹ e pressão de operação de 2,5 bar. Determinou-

se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o qual foi de 85,6%. Calculou-se a evapotranspiração de referência com os dados meteorológicos diários utilizando o método Penman Monteith (Allen et al., 2006). A evapotranspiração diária da cultura foi obtida pelo produto entre a ETo e os coeficientes de cultura para o girassol (Bernardo et al., 2006). Diariamente, foi reposta uma lâmina evapotranspirada menos a precipitação efetiva.

Foram aplicados no sulco de semeadura 20 kg ha^{-1} de N, 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 20 kg ha^{-1} de K_2O . Nos estádios V_4 , V_6 e V_8 (4, 6 e 8 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento, respectivamente) foram aplicados 25 kg ha^{-1} N e de K_2O .

Na fase de floração, coletou-se de uma planta a quarta folha a partir do capítulo. Essa coleta foi feita em 12 plantas. Essa amostra foi colocada em estufa a 70°C com ventilação forçada de ar. Após a secagem, procedeu-se à trituração em moinho tipo Wiley equipado com peneira de malha 1,27 mm. Procedeu-se, posteriormente, à pesagem, digestão e quantificação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Cu e B, de acordo com Malavolta et al. (1997). Além das folhas, foram coletadas amostras de solo na camada 0-20 e 20-40 cm para quantificar o B-disponível. Utilizou-se como extrator de B no solo a água quente (Silva 1999).

Aos 105 dias após a emergência, procedeu-se à colheita. Em seguida, foram realizadas a trilha e a secagem dos aquênios até 7% de umidade, tendo sido determinada a produtividade de aquênios.

Uma amostra de 100 g de aquênios foi utilizada para determinação do teor de óleo. Os aquênios foram triturados em moinho analítico e submetidos à secagem em estufa a 75°C , durante 24 horas. Em seguida, 30 g da amostra foram resfriados em um dessecador por 30 minutos, retirados 0,75 g de sementes, que foram triturados e colocados em saco de fibra sintética. Nesta ocasião, as amostras foram colocadas em uma estufa a 75°C durante duas horas. Após esta etapa, foram pesados o conjunto da amostra mais o saco de fibra sintética, para submetê-los ao sistema Ankon® Technology equipamento F57. Utilizou-se éter de petróleo a 90°C durante uma hora para extrair os lipídios. Para remover o resíduo de éter de petróleo, a amostra foi colocada em estufa a 75°C durante uma hora e depois pesada. O teor de óleo foi expresso em %.

A determinação da composição de ácidos graxos da fração do óleo foi obtida por cromatografia gasosa, com a utilização de metodologia de Bubeck et al. (1989). Os teores dos ácidos graxos oleico, linoleico, palmítico e esteárico foram obtidos de 30 g de aquênios triturados em moinho analítico. No preparo da amostra, foram utilizados 15 mg do material triturado. Adicionou-se 1 mL de hexano e manteve-se a mistura 4°C por cerca de 16 horas,

sob atmosfera de N₂. Após esse tempo, a solução de lipídios em hexano foi transferida para outro tubo e o solvente, evaporado por borbulhamento de N₂. Em seguida, na fração lipídica, adicionou-se 0,4 mL de metóxido de sódio 1 M, sendo os tubos mantidos em banho-maria a 30°C por 1 hora. Acrescentaram-se 1 mL de água e 1 mL de hexano. Após uma hora, com auxílio de uma pipeta, 0,75 mL foram retirados da fase orgânica e transferidos para outros tubos. Nesta etapa, foram adicionados 0,75 mL de sulfato de sódio anidro. Finalmente, 1 µL da fase orgânica foi injetado em cromatógrafo a gás GC-17A, equipado com autoinjeter AOC-17 e integrador C-R7A, marca Shimadzu. Utilizou-se coluna Carbowax (30 x 0,32 mm). A temperatura do injetor foi de 245°C, do detector, de 280°C, e da coluna, de 225°C. O gás de arraste foi o nitrogênio, com fluxo de 1,1 mL min⁻¹. A relação entre ácido graxo linoleico oleico⁻¹ foi calculada e expressa em %.

Após avaliar a homocedasticidade dos dados, os resultados foram submetidos à análise de variância (p≤0,05), utilizando Statistical Analysis System (STATISTICAL..., 1990). As médias referentes à adubação com B foram submetidas à análise de regressão polinomial e exponencial por meio do programa SIGMA PLOT 10.0 (SYSTAT, 2008). Foram selecionadas as equações com significado biológico, maior significância dos regressores e coeficiente de determinação.

A dose de máxima eficiência técnica de B foi calculada a partir da derivada primeira da equação de produtividade de aquênios, igualando-se a zero (a). A dose de máxima eficiência econômica de B foi calculada a partir da derivada primeira da equação de produtividade de aquênios, igualando-se à relação entre o preço do quilo do ácido bórico e o dos aquênios (b) (Freitas, 1978; Rajj, 1991).

$$a) \frac{dy}{dx} = 0 \quad \rightarrow \quad \hat{a} - \hat{b}\sqrt{x_i'} + \hat{c}x_i' = 0$$

em que a, b e c são os regressores e x, a dose de B aleatória da equação estimada para produtividade de aquênios em função das doses 0; 3; 6; 9; e 12 kg ha⁻¹ de B.

$$b) \frac{dy}{dx} = \frac{Pf}{Pa} \quad \rightarrow \quad \hat{a} - \hat{b}\sqrt{x_i'} + \hat{c}x_i' = \frac{Pf}{Pa}$$

em que a, b e c são os regressores e x, a dose de B aleatória da equação estimada para produtividade de aquênios em função das doses 0; 3; 6; 9; e 12 kg ha⁻¹ de B. Pf é o preço do ácido bórico. Pa é o preço dos aquênios.

Considerou-se o preço de R\$ 4,50 por kg de ácido bórico (17% de B) no comércio de Viçosa e R\$ 0,78 por kg de aquênios (Conab, 2012). Em seguida, os valores obtidos para dose de máxima eficiência técnica e econômica foram substituídos nas equações de

regressão do teor de B na folha índice e B-disponível na camada de 0-20 e 20-40 cm do solo. Esses resultados foram considerados os níveis crítico de B.

2.5 Resultados e discussão

A adubação com o B proporcionou aumento da disponibilidade desse nutriente no solo na camada de 0-20 cm (Figura 1A). Nesta camada, o aumento da disponibilidade do nutriente foi mais expressivo até a dose de 8,3 kg ha⁻¹ de B. A partir dessa dose, a disponibilidade de B na camada de 20-40 cm foi maior que na camada de 0-20 cm (Figura 1 B). A textura arenosa, o pH próximo da neutralidade e o baixo teor de matéria orgânica do solo reduzem a capacidade de adsorção de B (Rosolem e Biscaro, 2007; Lima et al., 2007). Isso intensifica a lixiviação do B para camada de 20-40 cm. Em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico argiloso com baixa disponibilidade de B, Rosolem e Biscaro (2007) verificaram que a aplicação de 5 kg ha⁻¹ de B proporcionou perdas em torno de 6,1 µg mL⁻¹ de B na água percolada.

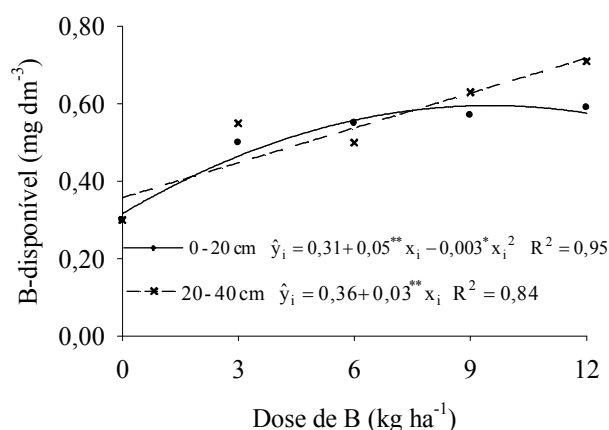


Figura 1. B - disponível no solo na camada de 0-20 cm (A), 20-40 cm (B) em função das doses de B. ***, **, * significativo a 1; 5 e 10 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente. Januária-MG, UFV, 2010

Houve aumento do teor foliar de B e da produtividade de aquênios com as doses de B (Figuras 2A e 2B). O valor máximo do teor de B na folha e da produtividade foi obtido com a aplicação de 9,82 e 6,29 kg ha⁻¹ de B, respectivamente. Essas doses proporcionaram valores de 42,3 mg kg⁻¹ de B na folha e 3529 kg ha⁻¹ de aquênios, respectivamente. Isso sugere que não é necessário aplicar doses maiores que 6,29 kg ha⁻¹ de B para corrigir a fertilidade deste nutriente em solos com textura arenosa e baixo conteúdo de matéria orgânica. Aplicação de maiores doses de B pode resultar em maior lixiviação (Rosolem e Biscaro, 2007; Lima et al., 2007). Oyinlola (2007) recomenda doses de máxima eficiência técnica de até 6,3; 6,1 e 6,7 kg ha⁻¹ de B no solo argilosa para as cultivares Record, Isaanka e Funtua respectivamente (Oyinlola, 2007).

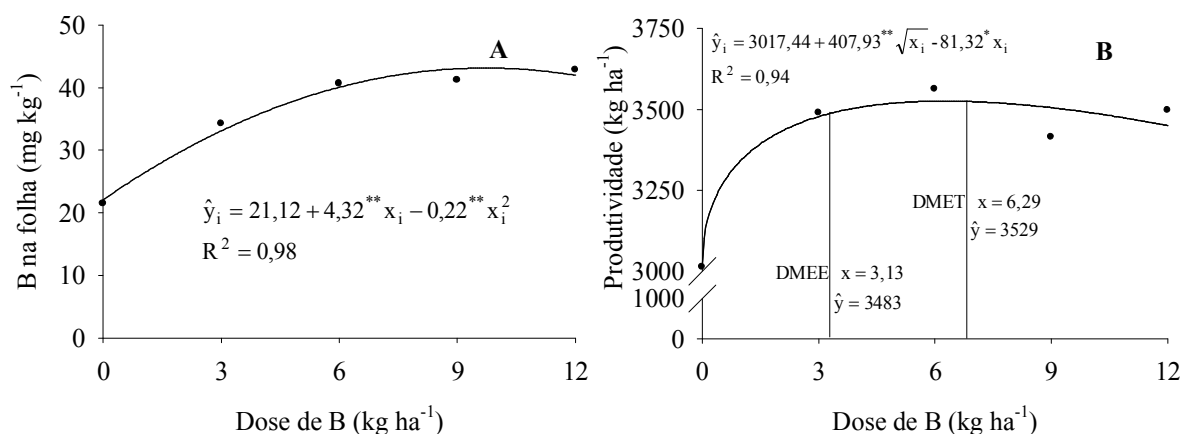


Figura 2. Teor de B na folha índice de girassol (A) e produtividade de aquênios (B) em função das doses de B. ***, **, * significativo a 1; 5 e 10 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente. DMET: dose de máxima eficiência técnica. DMEE: dose de máxima eficiência econômica. Januária-MG, UFV, 2010

A dose de máxima eficiência econômica estimada foi de 3,13 kg ha⁻¹ (Figura 2). Essa dose representa 49,3% da dose de máxima eficiência técnica. A dose de 3,13 kg ha⁻¹ resulta em uma produtividade de aquênios estimada de 3483 kg ha⁻¹. O incremento em produtividade de aquênios dessa dose foi de 466 kg ha⁻¹ em relação ao cultivo sem B (3017 kg ha⁻¹). Destaca-se ainda que a produtividade de aquênios obtida para o tratamento controle foi maior que a 1979 kg ha⁻¹ obtido por Castro et al. (2002) no solo adubado com B. Segundo esses autores, aplicação de 2 kg ha⁻¹ de B em um solo argiloso com 0,27 mg dm⁻³ de B não proporcionou maior absorção desse nutriente devido à baixa umidade no solo ter afetado o fluxo de massa do B até raízes. Isto pode indicar que, para obter sucesso na adubação com B, a umidade do solo deve satisfazer a demanda hídrica plena da cultura. Por isso, é provável que o transporte de B até as raízes tenha sido adequado. Essa condição hídrica pode ter permitido o crescimento acentuado das raízes até camada de 0-40 cm no solo. Isso pode ter promovido uma produção de aquênios satisfatória mesmo no solo não adubado com B.

Os níveis críticos de B na folha índice correspondentes a dose de máxima eficiência técnica e econômica estimados foram 39,6 e 32,4 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Estes valores estão abaixo de 140 e 60,32 mg kg⁻¹ obtidos por Prado e Leal, (2006) e do Zobiolo et al. (2011), respectivamente. O menor teor de B observado no presente trabalho pode estar relacionado à cultivar utilizada, à textura e à umidade do solo e à temperatura do ambiente. Aquino et al. (2012) verificaram o teor de até 126 mg kg⁻¹ de B quando cultivaram também o híbrido M 734. Essa maior absorção pode ser explicada pela maior disponibilidade de 0,74 mg dm⁻³ de B no solo quando comparado com o presente trabalho.

Tabela 2. Níveis críticos na folha e no solo de B de 0-20 e 20-40 cm correspondentes à dose de máxima eficiência técnica e econômica para o híbrido M-734 do girassol. Januária-MG, UFV, 2010

Variável	Dose máxima eficiência técnica	Dose de máxima eficiência econômica
	-----6,29 kg ha ⁻¹ -----	-----3,10 kg ha ⁻¹ -----
Folha índice (mg kg ⁻¹ de B)	39,6	32,4
Solo 0-20 cm (mg dm ⁻³ de B)	0,55	0,44
Solo 20-40 cm (mg dm ⁻³ de B)	0,53	0,43

Os níveis críticos de B no solo (0-20 cm) para alcançar a produtividade máxima e a produtividade com maior retorno econômico foram de 0,55 e 0,44 mg dm⁻³, respectivamente (Tabela 2). Silva e Ferreyra (1998) cultivaram uma variedade local de girassol em diferentes classes de solo e observaram que o 0,45 mg kg⁻¹ de B no solo proporcionou uma produção máxima de 90% de massa seca da parte aérea. Esses valores são menores que o 0,60 mg dm⁻³, sugeridos por Alvarez et al. (1999). Esses diferentes valores podem ser relacionados à textura, matéria orgânica e à capacidade tampão de B nos solos (Lima et al., 2007).

Na camada de 20-40 cm de B no solo, os níveis críticos foram de 0,53 e 0,43 mg dm⁻³ para alcançar a produtividade máxima e a produtividade com maior retorno econômico, respectivamente (Tabela 2). Essa estreita faixa tanto a 0-20 cm como a de 20-40 cm pode estar relacionada com a maior lixiviação para o lençol freático. Isso implicaria uma menor disponibilidade de B para as plantas. Entretanto, esse processo diminuiria o efeito tóxico de maiores doses de B e aumentaria a presença desse nutriente no lençol freático (Rosolem e Biscaro, 2007).

A adubação com B não interferiu nos teores de N, P, K, Mg e S na folha índice (Tabela 3). Esses nutrientes permitiram o crescimento e desenvolvimento normal da planta de girassol, pois estão dentro do intervalo considerado adequado por Prado e Leal (2006) e Zobiole et al. (2010).

Tabela 3. Médias e o resumo da análise de variância dos teores de nutrientes na folha índice de girassol em função das doses de B. Januária-MG, UFV, 2010

Dose de B (kg ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	S	Fe	Mn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹		
0	33,1	2,7	32,3	4,9	4,1	83,8	31,6
3	32,9	2,9	32,6	5,5	3,9	72,3	31,5
6	30,2	2,5	29,1	5,3	3,6	69,3	33,1
9	32,1	2,9	32,8	5,5	4,2	78,2	38,8
12	33,0	3,1	33,8	5,5	3,9	79,0	43,9
Média	32,3	2,8	32,1	5,3	3,9	76,5	35,8
F	1,7	0,3	1,0	1,0	0,9	14,3***	1,2
C.V (%)	6,0	17,4	11,3	10,2	12,5	3,0	27,6

***, ** significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Ausência de asterisco indica que o teste F foi não significativo.

Houve aumento no teor de Ca na folha com as doses de B aplicadas (Figura 3A). A interação sinérgica entre a adubação com o B e o teor foliar de Ca pode estar relacionada diretamente com a maior aquisição de B pelas plantas, uma vez que o B modifica as propriedades das membranas e altera a absorção de K e Ca (Schon et al., 1990; Ferrol et al., 1993; Dechen e Nachtigall, 2006). No metabolismo da planta, tanto o Ca como o B influenciam no crescimento dos tecidos meristemáticos, principalmente na estabilização péctica da parede celular das folhas (Cakmak e Romeheld, 1997; Kobayashi et al., 1999). Isso pode ter contribuído para maior expansão foliar, que proporcionou aumento da interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa (Barni et al., 1995; Prado e Leal, 2006). Assim, a produtividade de aquênios foi maior com a aplicação do B no solo.

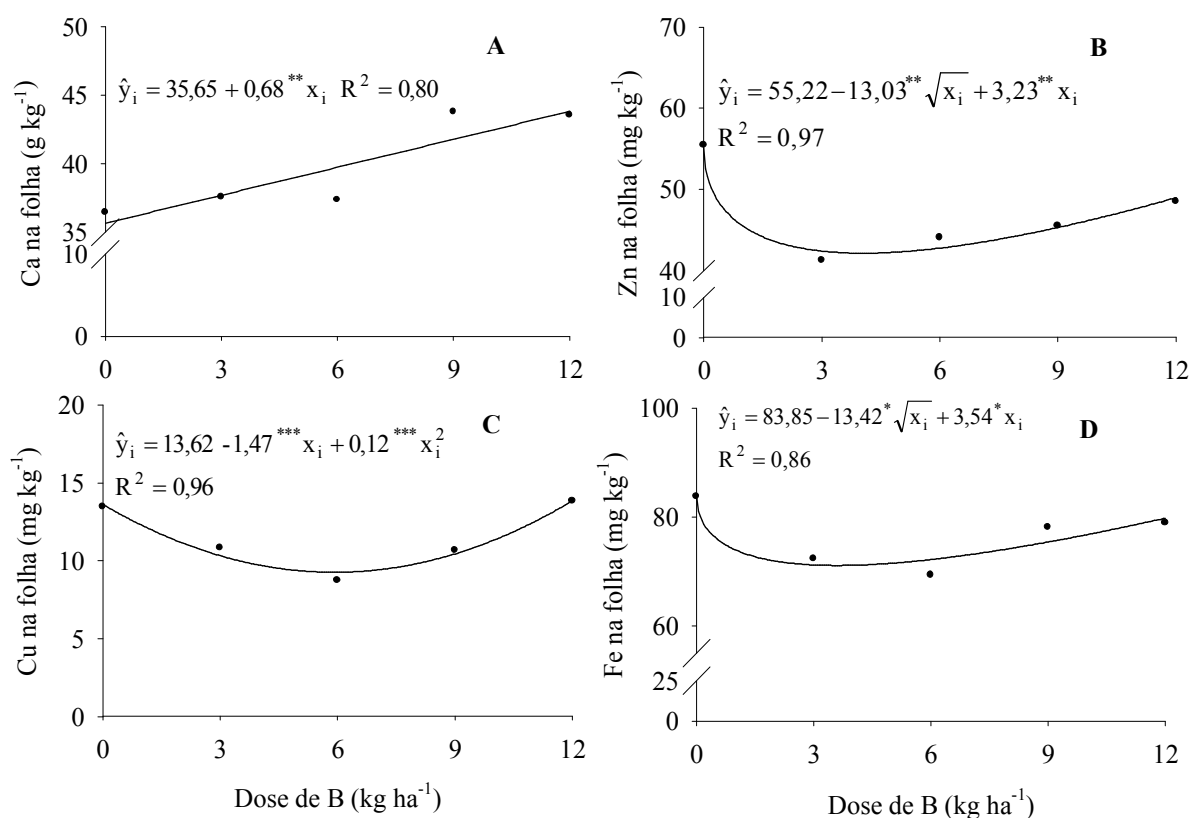


Figura 3. Teores de Ca (A), do Zn (B), Cu (C) e do Fe (D) na folha índice em função das doses de B no solo. ***, **, * significativo a 1; 5 e 10 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente. Januária-MG, UFV, 2010

Os teores de Zn e Cu na folha índice foram afetados pelas doses de B (Tabela 3). As doses 4,07 e 6,13 kg ha⁻¹ de B proporcionaram menor teor de Zn e Cu na folha quando comparadas com o tratamento não adubado, respectivamente (Figuras 3B e C). Esse menor

conteúdo de Zn e Cu na folha nessas doses pode ser atribuído ao efeito da diluição. Por outro lado, a partir das doses 4,07 e 6,13 kg ha⁻¹ de B, os teores de Zn e Cu na folha aumentaram. Segundo Ferrol et al. (1993), o B altera a rigidez da membrana plasmática pelas modificações na atividade das proteínas. Isso poderia ter afetado o funcionamento da bomba de prótons e, conseqüentemente, a absorção do Zn e Cu na planta. Essa maior absorção promovida pela bomba de prótons pode ter ocasionado uma maior concentração mesmo com a maior expansão foliar e acúmulo de biomassa. Assim, maior teor de Zn e Cu na folha foi verificado com maiores doses a partir de 4,07 e 6,13 kg ha⁻¹, respectivamente.

Para o Fe, verifica-se que esse nutriente foi afetado pela adubação com B (Tabela 3). Entretanto, não foi possível o ajuste do modelo conforme o nível de significância a 1 e 5% de probabilidade para os regressores (Figura 3D). Quando se utilizou o nível de significância de 10% de probabilidade pelo teste t, verificou-se ajuste somente para equação raiz quadrática. O menor teor de Fe até a dose de 3,59 kg ha⁻¹ de B pode ter sido efeito da diluição pela maior expansão foliar e acúmulo de biomassa. Entretanto, a partir dessa dose, o teor de Fe na folha foi maior. É provável que a atividade das proteínas na membrana plasmática tenha sido alterada com aplicação de B (Ferrol et al., 1993). Isso resultou na maior absorção que, conseqüentemente, aumentou o teor de Fe na folha.

A adubação com B não alterou os teores dos nutrientes nos aquênios (Tabela 4). Estes resultados confirmam que o B disponível no solo foi suficiente para promover o desenvolvimento normal da fase reprodutiva, que é mais sensível a deficiência que a vegetativa (Asad et al., 2002; 2003). A cultivar M-734 pode ser classificada como eficiente no uso do B. Essa cultivar pode ser responsiva, pois a produtividade de aquênios foi maior no tratamento adubado em relação ao cultivo sem B. Souza et al. (2003) verificaram que os híbridos AS 238 e AS 243 foram eficientes e responsivos no uso do B. Esses autores definiram como eficientes as plantas que mantiveram o adequado crescimento de raiz e da parte aérea em solução nutritiva com 0,00625 mg L⁻¹ de B. As cultivares consideradas responsivas apresentaram o maior crescimento da raiz e da parte aérea quando cultivadas em 0,15 mg L⁻¹ de B na solução nutritiva. A linhagem HA 302 não manteve o crescimento da raiz e da parte aérea nas doses estudadas e foram classificadas como ineficiente e não responsiva ao B.

Tabela 4. Médias e o resumo da análise de variância dos nutrientes nos aquênios de girassol em função das doses de B. Januária-MG, UFV, 2010

Dose de B (kg ha ⁻¹)	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
0	30,6	3,3	5,1	3,5	2,1	1,8	10,5	57,6	109,1	69,3	8,3
3	32,0	3,6	5,3	4,3	2,1	1,1	11,9	63,2	93,9	68,1	9,0
6	29,7	3,4	5,4	4,0	2,2	1,9	13,1	60,1	104,2	78,9	7,8
9	30,0	3,2	5,6	3,3	2,1	1,5	14,1	59,0	112,5	69,4	5,9
12	30,1	3,8	5,3	4,1	2,1	1,9	12,1	64,3	104,6	67,6	6,7
Média	30,5	3,4	5,3	3,9	2,1	1,8	12,4	60,8	104,9	70,7	7,6
F	0,4	0,8	0,3	2,2	0,2	2,2	0,8	0,7	2,9	0,10	1,4
C.V (%)	8,9	15,0	8,8	15,0	8,8	11,9	24,4	11,4	6,7	13,3	27,8

***, ** significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Ausência de asterisco indica que o teste F foi não significativo

A ordem decrescente dos teores de macronutrientes nos aquênios foi N>K>Ca>P>Mg>S. Essa ordem sugere que, em um programa de adubação e reposição dos nutrientes, principalmente o N, o K e o Ca devem ser supridos em maiores quantidades no cultivo do híbrido M-734. Zobiolo et al. (2010), quando cultivaram o híbrido BRS 191 em um Latossolo Vermelho Distroférico em Londrina-PR, também observaram maior demanda de N, K e Ca.

O teor de B nos aquênios não foi afetado pelas doses de B aplicadas (Tabela 4). Em relação aos teores de micronutrientes nos aquênios, a sequência decrescente foi Mn>Zn>Fe>B>Cu. Zobiolo et al. (2011) verificaram ordem decrescente do teor de Fe>Zn>Mn>B>Cu nos aquênios quando cultivaram o híbrido BRS 197 em Latossolo Vermelho Distroférico com textura argilosa. Provavelmente, essa diferença entre os resultados de exportação esteja relacionada às cultivares e às características distintas dos solos utilizados.

As doses de B aplicadas no solo não influenciaram o teor de óleo (Tabela 5). As cultivares Record, Isaanka e Funtua responderam positivamente à adubação com B em trabalho desenvolvido por Oyinlola et al. (2006). Esses autores cultivaram o girassol em solo argiloso com 0,09 mg kg⁻¹ de B. Segundo Chatterjee e Nautiyal (2000) e Dube et al. (2000), o baixo nível de B ocasiona deformação nas sementes e proporciona redução no teor de óleo. Isto sugere que o B contido no solo, no presente trabalho, foi suficiente para evitar a má formação dos aquênios. No trabalho de Oyinlola (2006), em que o conteúdo inicial de B no solo era baixo, as cultivares foram influenciadas positivamente pela adubação com B para a variável teor de óleo.

Tabela 5. Médias e o resumo da análise de variância do teor de óleo e dos teores dos ácidos graxos nos aquênios de girassol em função das doses de B. Januária-MG, UFV, 2010

Dose de B (kg ha ⁻¹)	Teor de Óleo	Ácido graxo oleico	Ácido graxo linoleico	Ácido graxo palmítico	Ácido graxo esteárico
			%		
0	44,3	24,5	64,8	6,0	4,7
3	41,8	26,5	63,6	5,1	4,7
6	41,4	26,6	63,4	5,3	4,8
9	42,8	25,4	64,5	5,4	4,6
12	43,3	27,1	63,1	5,3	4,6
Média	42,7	26,0	63,9	5,4	4,7
F	0,5	1,5	1,1	1,3	0,2
C.V (%)	8,1	6,7	2,2	11,5	5,1

***, ** significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Ausência de asterisco indica que o teste foi não significativo

A composição dos ácidos graxos não foi afetada pela adubação com B (Tabela 5). Os percentuais de ácidos graxos oleico, linoleico, palmítico e esteárico estão de acordo com os resultados obtidos para cultivar AS-530 em um cultivo em Esparta-Turquia, (Baydar et al., 2005). As cultivares Olbaril e Trisun apresentaram aproximadamente 90% de oleico e menos de 2% para o ácido graxo linoleico em cultivo em Toulouse-Auzeville - França (Lagravère et al., 2004).

A síntese dos ácidos graxos ocorreu adequadamente nos aquênios, mesmo no tratamento sem B. Quando as plantas são deficientes em B, há maior produção de fenol na célula com subsequente formação de quinonas. Essas espécies reativas podem danificar a membrana plasmática. Por conseguinte, o metabolismo celular é afetado (Marchener, 1995; Cakmak e Romheld, 1997; Blevins e Lukaszewski, 1998). Esse efeito resulta em aquênios deformados (Chatterjee e Nautiyal, 2000; e Dube et al., 2000). No presente estudo, não foram verificados aquênios deformados. Portanto, a integridade da membrana e a formação da parede célula dos aquênios não foram afetadas.

É provável que na folha índice não tenha ocorrido também a perda da integridade da membrana e deformação na parede celular no tratamento sem B. Esse comportamento pode ter sido resultante da capacidade de as plantas de girassol absorverem B até a camada de 20-40 cm do solo. Esse resultado é interessante, pois, no programa de adubação com B, o diagnóstico deve ser incentivado tanto na camada de 0-20 cm como na 20-40 cm do solo.

2.6 Conclusões

A dose de máxima eficiência técnica e econômica foi de 6,29 e 3,13 kg ha⁻¹, respectivamente.

O nível crítico de B nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm do solo para obter a máxima eficiência econômica com a aplicação de B foi de 0,44 e 0,43 mg dm⁻³ de B, respectivamente.

O nível crítico de B na folha índice com a dose de máxima eficiência econômica foi de 32,4 mg dm⁻³ de B.

A adubação com B não alterou o teor de N, P, K, S, Mg e Mn na folha índice, mas aumentou o teor de Ca. A aplicação com B aumentou o teor de Zn e Cu na folha a partir de 4,07 e 6,13 kg ha⁻¹ de B, respectivamente.

O teor de Fe na folha índice diminuiu até a dose de 3,59 kg ha⁻¹ de B.

As doses de B não afetaram o teor de óleo, tampouco a composição dos ácidos graxos palmítico, esteárico, oleico e linoleico.

2.7 Referências

ALVAREZ V., V.H., NOVAIS, R.F., BARROS, N.F. de. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo. Utah State University. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos Paper, 56. Roma: FAO, 2006. 323p.

AQUINO, L. A.; SILVA, F.D.B.; BERGER, P.G. Caracteres agronômicos e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, prelo, 2012.

ASAD, A.; BLAMEY, F.C.P.C.; EDWARDS, D.G. Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. **Plant and Soil**, v.243, p. 243-252, 2002.

ASAD, A.; BLAMEY, F.C.P.C.; EDWARDS, D.G. Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. **Annals of Botany**, v.92, p. 565-570, 2003.

BARNI, N. A.; BERLATO, M.A.; BERGMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: I. Absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.1, p. 185-199, 1995.

BAYDAR, H., ERBAS, S. Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids and total tocopherol contents in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Turkish Journal Agriculture and Forestry**, v.29, p.179-186, 2005.

- BISCARO, G.A.; MACHADO, J.R.; TOSTA, M.S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R.P.; CARVALHO, L.A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1366-1373, 2008.
- BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Plant Physiology**, v.49, p.481-500, 1998.
- BUBECK, D.M.; FEHR, W.R.; HAMMOND, E.G. Inheritance of palmitic and stearic acid mutants of soybean. **Crop Science**, Madison, v.29, p.652-56, 1989.
- CAKMAK, I.; ROMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, v.193, p.71-83, 1997.
- CASTRO, C.; BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Mistura em tanque de boro e herbicidas em semeadura convencional de girassol. **Planta Daninha**, v.20, p. 83-91, 2002.
- CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R.F.; DECHEN, A.R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.2, p.214-220, 2006.
- CHATTERJEE, C.; NAUTIYAL, N. Developmental aberrations in seeds of boron deficient sunflower and recovery. **Journal of plant nutrition**, v.23, n.6, p.835-841, 2000.
- CONAB - COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura mensal junho 2012: Safra 2011/2012**. Disponível em <http://www.conab.br>. Acesso em: 01 julho 2012. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: **Nutrição mineral de plantas**. FERNANDES, M.S. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap 13, p. 253-280.
- DUBE, B.K.; SINHA, P.; CHATTERJEE, C. Boron stress affects metabolism and seed quality of sunflower. **Tropical Agriculture**, v.77, n.2, 2000.
- ECHER FR; DOMINATO JC; CRESTE JE; SANTOS DH. Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.171-175, 2009.
- FERREIRA, G.B.; FONTES R.L.F.; FONTES M.P.F.; ALVAREZ V., V.H. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25 n.1 p.91-101, 2001.
- FERREYRA H., F.F.; SILVA, F.R. Frações de Boro e índices de disponibilidade em solos do estado do Ceara. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.227-236, 1999.
- FERROL, N.; BELVER, A. ROLDÁN, M.; RODRIGUEZ-ROSALES, M.P.; DONAIRE, J.P. Effects of boron on proton transport and membrane properties of sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cell Microsomes. **Plant Physiology**, v.73, n.103, p-763-769, 1993.

FOLONI, J.S.S.; GARCIA, R.A.; CARDOSO, C.L.; TEIXEIRA, J.P.; FILHO, H.G. Desenvolvimento de grãos e produção de fitomassa do girassol em função de adubações boratadas. **Bioscience Journal**, v.26, n.2, p. 273-280, 2010.

FREITAS A.R. **A distribuição do ponto de máximo ou de mínimo de uma função usada em experimentos de adubação**. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Piracicaba, Piracicaba. 1978.

GOMES, E.P.; FEDRI, G.; ÁVILA, M.R.; BISCARO, G.A.; REZENDE, R.K.S.; JORDAN, R.A. Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.3, p.237-246, 2012.

KOBAYASHI, M.; NAKAGAWA, H.; ASAKA, T.; MATOH, T. Borate-rhamnogalacturonan II bonding reinforced by Ca^{2+} retains pectic polysaccharides in higher-plant cell walls. **Plant Physiology**, v.119, p.199-203, 1999.

LAGRAVÈRE, T.; KLEIBER, D.; SUREL, O.; CALMON, A.; BERVILLÉ, A.; DAYDE, J. Comparison of Fatty Acid Metabolism of Two Oleic and One Conventional Sunflower Hybrids: A New Hypothesis. **Journal Agronomy e Crop Science**, v.190, p.223-229, 2004.

LIMA, J.C.P.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; LIMA, J.G.C.; LIRA JÚNIOR, M.A. Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.73-79, 2007.

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

MARCHETTI, M.E.; MOTOMYA, W.R.; FABRÍCIO, A.C.; NOVELINO, J.O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarum**, v.23, n. 5, p. 1107-1110, 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego, Academic Press, 1995. 889p.

MATOH, T.; OCHIAI, K. Distribution and partitioning of newly taken-up boron in sunflower. **Plant and Soil**, v.78, p.351-360, 2005.

OYINLOLA, E.Y. Effect of boron fertilizer on yield and oil content of there sunflower cultivars in the Nigerian savanna. **Journal of Agronomy**, v.6, p.421:426, 2007.

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

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

ROSOLEM, C.A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007.

SCHON, M.K.; NOVACKY, A.; BLEVINS, D.G. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membrane and increases membrane permeability to K^+ . **Plant Physiology**, v.93, p.566-571, 1990.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

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

SILVA, H.R.F.; AQUINO, L.A.; BATISTA, C.H. Efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão ao algodoeiro. **Bioscience Journal**, v.27, n.5, p.786-793, 2011.

SOUZA, A., ARIAS, C.A.; M.F. OLIVEIRA, B.R. CASTIGLIONI. Selection of sunflower cultivars for boron efficiency using nutrient solution. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, 125-132, 2003.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. 1990. **SAS User's guide**. 4. ed. Cary.

SYSTAT. **Manual de uso do Sigmaplot 10**, Windows. Disponível em: <www.systat.com/products/sigmaplot>. Acesso em: 10 jun. 2011.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 425-433, 2010.

ZOBIOLE, L.H.S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. MOREIRA, A. Sunflower micronutrient uptake curves. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.2, p.346-353, 2011.

CAPÍTULO II

Cultivar, local de cultivo e adubação com boro alteram o estado nutricional e a produtividade do girassol?

3.1 Resumo

A baixa disponibilidade de B no solo e a alta demanda por esse nutriente pela cultivar de girassol determinante na adubação com B. O sucesso dessa aplicação depende do local de cultivo e das cultivares. Objetivou-se avaliar o estado nutricional e a produtividade de aquênios em cultivares de girassol como variável do local de cultivo e da presença ou ausência da aplicação de B. Os experimentos foram realizados em Coimbra-MG e Januária-MG. Em Coimbra, foram instalados dois experimentos. O primeiro experimento foi instalado no período de março a agosto (Coimbra março/2010) e o segundo, de maio a setembro (Coimbra maio/2010). Em Januária, o experimento foi conduzido no período de março a julho (Januária março/2010). As cultivares foram BR-122/V2000, M-734 e MG-02. As doses utilizadas foram 0 e 6 kg ha⁻¹ de B. Os tratamentos consistiram de três cultivares e duas doses de B. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial de 3 cultivares x 2 doses de boro com quatro repetições para os três locais. Avaliaram-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e B, Fe, Mn, Zn e Cu na folha e a produtividade de aquênios. Os dados obtidos nos experimentos foram analisados individualmente e conjuntamente por meio da análise de variância. O teor de B inicial no solo do tratamento não adubado proporcionou teores de B na folha e produtividade de aquênios similar ao cultivo com B. A adubação com B aumentou o teor de K na folha índice no experimento de Coimbra março/2010 e mai/2010, independentemente da cultivar. A cultivar BR-122/V2000 apresentou maior teor de P na folha quando cultivada com aplicação de 6,0 kg ha⁻¹ de B. A média dos teores dos nutrientes obtida nos três experimentos segue a sequência decrescente para os macronutrientes K, N, Ca, Mg, P e S e para os micronutrientes Mn, Zn, B = Fe, e Cu. As cultivares M-734 e MG-02 apresentaram maior produtividade de aquênios em Januária. Nos cultivos de Coimbra, as cultivares apresentaram produtividades semelhantes. Nesse local, a semeadura em maio reduziu a produtividade de aquênios das cultivares.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, análise foliar, cultivares, aplicação de B.

3.2 Abstract

The availability of B in soil and the demand for this nutrient by sunflower cultivar influence the need for B fertilization. The success of this application depends on the growing conditions. This study aimed to assess the nutritional status and productivity of achenes in sunflower crop according to the growing site and the presence or absence of B application. The experiments were performed in Coimbra-MG and Januária-MG. In Coimbra, two experiments were installed. The first experiment was conducted in the period from March to August (Coimbra, March 2010) and the second from May to September (Coimbra, May 2010). In Januária, the experiment was conducted from March to July (Januária, March 2010). The cultivars were BR-122/V2000, M-734 and MG-02. The doses used were 0 and 6 kg ha⁻¹ of B. Treatments consisted of three cultivars and two B doses. The experimental design was a randomized block in factorial arrangement of 3 cultivars x 2 doses of boron with four replications for the three sites. Nitrogen, P, K, Ca, Mg, S and B, Fe, Mn, Zn and Cu content in the leaf and productivity of achenes were evaluated. The data obtained in the experiments were analyzed by analysis of variance. The initial B content in the soil of non-fertilized treatment provided similar B content in leaf and achene productivity with B fertilization treatment. Boron fertilization increased K content in the index leaf of Coimbra experiment in March/2010 and May/2010, regardless of cultivar. Cultivar BR-122/V2000 showed higher P content in the leaf when cultivated with the application of 6.0 kg ha⁻¹ of B. The mean of nutrient content obtained in three experiments follows the decreasing sequence for macronutrient K, Ca, Mg, P and S and micronutrient Mn, Zn, B = Fe, and Cu. The cultivars M-734 and MG-02 showed higher productivity of achenes in Januária. In Coimbra crops, cultivars showed similar productivities. In this location, sowing in May reduced the achenes' productivity of cultivars.

Keywords: *Helianthus annuus*, leaf analysis, cultivares, application of B.

3.3 Introdução

O manejo da adubação com Boro (B), com base apenas na tabela de interpretação dos teores no solo, tem apresentado restrições (Rosolem et al., 2008). Segundo esses autores, a disponibilidade de B pode ser afetada pela lixiviação, principalmente, em solos arenosos. Em contrapartida, o B nos solos argilosos é mais adsorvido. O teor de matéria orgânica, o pH, a textura, os teores de óxidos de ferro e de alumínio têm sido determinantes na intensidade desses processos (Ferreira e Silva, 1999; Ferreira et al., 2001; Rosolem e Biscaro, 2007).

A absorção de B depende também da forma como esse nutriente é transportado até as raízes das plantas (Hu e Brown, 1997). O fluxo de massa tem sido mencionado como principal mecanismo desse transporte (Hu e Brown, 1997). Nesse fluxo, a transpiração, a umidade do solo e a capacidade da cultivar em absorver o B são essenciais na absorção desse micronutrientes pelas plantas (Ferreira et al., 2001; Souza et al., 2003; Hu e Brown, 1997). Esse aspecto é importante, pois quando o suprimento de B é baixo, transportadores de alta afinidade podem ser determinantes tanto na absorção de B pelas raízes como no carregamento de B no xilema (Pfeffer et al., 1999; Dannel et al., 2000). Essa característica é importante, pois pode destacar cultivares eficientes na resposta à adubação com B.

A sensibilidade da cultura do girassol à baixa disponibilidade de B exige adubação adequada com esse micronutriente (Yamada, 2000). Assim, têm sido aplicados 1 a 2 kg ha⁻¹ de B quando os teores desse nutriente no solo são baixos (Castro et al., 1996; Foloni et al., 2010). Por outro lado, têm sido recomendadas doses de até 6,3; 6,1 e 6,7 kg ha⁻¹ de B para as cultivares Record, Isaanka e Funtua (Oyinlola, 2007). Apesar disso, verifica-se que a adubação com B não melhora a produtividade de aquênios mesmo quando os teores de B na folha aumentam (Brighenti et al., 2006; Bonacin et al., 2009). Em outras pesquisas, o maior rendimento de aquênios dependeu das condições de cultivo e das cultivares de girassol (Oyinlola, 2007).

Por isso, o estudo em diferentes condições de cultivo na presença ou ausência da adubação com B é essencial para avaliar o estado nutricional e a produtividade das cultivares. Assim, objetivou-se avaliar o estado nutricional e a produtividade de aquênios em cultivares de girassol como variável do local do cultivo e presença ou ausência da aplicação do B.

3.4 Material e métodos

Foram realizados três experimentos: dois no Campo Experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado em Coimbra-MG, e um terceiro experimento, na Unidade experimental do Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia (IFET), no Norte de Minas Gerais, no Campus de Januária.

A estação experimental de Coimbra tem a seguinte localização: latitude 20°51'24'' S, longitude 42°48'10'' W. A altitude é de 720 m. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como tropical de altitude. Tem precipitação concentrada nos meses de outubro a março, com a média de 1.300 a 1.400 mm. A temperatura média anual é de 19°C. O solo é

classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo com 80 g kg⁻¹ de Areia Grossa, 20 g kg⁻¹ de areia fina, 180 g kg⁻¹ de silte e 720 g kg⁻¹ de argila.

A área experimental de Januária está situada na latitude 15° 28' 55'' S e longitude 44° 22' 41'' W. Tem altitude média de 474 m. De acordo com a classificação de Köppen, essa região tem o clima classificado como tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso (Aw). A precipitação média anual é de 850 mm, a umidade relativa média do ar é de 60 % e a temperatura média anual é de 27°C. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico com 300 g kg⁻¹ de Areia Grossa, 570 g kg⁻¹ de areia fina, 30 g kg⁻¹ de silte e 100 g kg⁻¹ de argila.

Tabela 6. Características químicas do solo na camada de 0-20 e de 20-40 cm antes da semeadura em Januária e Coimbra. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Caraterísticas químicas do solo	Local/época de semeadura					
	-Januária março/2010-		-Coimbra março/2010-		-Coimbra maio/2010-	
	-----camada do solo-----					
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
M.O (dag kg ⁻¹)	1,40	1,30	3,30	2,60	3,30	2,50
pH (H ₂ O)	6,30	6,20	5,30	4,90	4,80	5,00
P-rem (mg L ⁻¹)	44,4	44,4	27,9	17,9	21,8	15,6
P (mg dm ⁻³)	47,3	22,4	8,90	3,20	11,0	2,80
K (mg dm ⁻³)	30,0	32,0	85,0	20,0	73,0	35,0
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	2,00	1,60	1,90	1,70	1,30	1,70
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,20	0,20	0,70	0,40	0,60	0,40
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,10	0,40	0,50	0,20
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	1,16	0,83	4,95	4,62	5,61	3,80
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,28	1,88	2,82	2,15	2,09	2,19
T (cmol _c dm ⁻³)	3,44	2,71	7,77	6,77	8,15	5,99
m (%)	0,00	0,00	3,42	15,6	19,3	8,36
V (%)	66,3	69,4	36,3	31,7	25,6	36,6
Cu (mg dm ⁻³)	0,60	0,60	3,10	2,50	2,80	2,50
Mn (mg dm ⁻³)	25,7	20,1	39,5	19,9	48,2	26,2
Fe (mg dm ⁻³)	20,3	14,3	64,5	32,0	82,1	50,6
Zn (mg dm ⁻³)	3,00	2,00	2,00	0,90	5,70	1,00

pH H₂O (1:2,5); Extrator Mehlich 1 - P, K, Fe, Zn, Mn e Cu; KCl 1 mol L⁻¹ - Ca²⁺, Mg²⁺; Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ pH 7 - H+Al; Fosfato monocálcico em ácido acético - S; M.O = Matéria Orgânica; P-rem = Fósforo remanescente; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica efetiva; m=Índice de saturação de alumínio e V= Índice de saturação de bases.

Em Coimbra, os experimentos foram instalados no período de março a agosto (Coimbra março/2010) e de maio a setembro (Coimbra maio/2010). Em Januária, o experimento foi realizado no período de março a julho (Januária março/2010). A temperatura média e a umidade relativa do ar foram registradas durante a condução dos experimentos.

Os tratamentos foram: três cultivares de girassol (M-734, MG-02 e BR122-V2000) x dois níveis de aplicação de B ao solo (0 e 6 kg ha⁻¹). As cultivares foram selecionadas levando-se em consideração o ciclo (precoce e tardio). As cultivares M-734 e MG-02 são híbridos tardios. A BR122-V2000 é de polinização aberta e precoce. As sementes (aquênios) foram provenientes das Empresas Dow AgroScience Industrial Ltda (M-734 e MG-02) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (BR122-V2000).

Nos tratamentos com aplicação de 6 kg ha⁻¹ de B, esse nutriente foi aplicado em três fases: na semeadura, em V₄ (4 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento) e em V₆ (6 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento). A fonte de B utilizada foi o bórax com 11 % de B.

Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial (3 cultivares x 2 níveis de B). Adotou-se o delineamento em blocos com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de cinco linhas com 6 m de comprimento e espaçadas de 0,7 m. As três linhas centrais, menos 50 cm das extremidades, foram consideradas úteis.

Nos experimentos, o preparo de solo constou de aração a 20 cm de profundidade e de duas gradagens para destorrar e nivelar a superfície. Na semeadura foram distribuídos 90.000 aquênios ha⁻¹. No estágio V₂ (2 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento) e V₄ (4 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento) foram realizados os desbastes. Após essas operações ajustou-se a população para 40.000 plantas ha⁻¹.

A fertilização dos cultivos em Coimbra consistiu de 95 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 K₂O ha⁻¹. A fertilização do cultivo de Januária consistiu de 95 kg ha⁻¹ de N e de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 95 kg ha⁻¹ de K₂O. Foram utilizados o superfosfato simples como fonte de P, a ureia como fonte de N e o cloreto de potássio como fonte de K. O fertilizante fosfatado e 10% da dose de N e de K₂O foram aplicados no sulco de semeadura. O restante de N e K foram divididos em três aplicações nos estádios V₄, V₆ e V₈.

O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais entre a emergência e o estágio V₁₀ (10 folhas com pelo menos 4 cm), em quantidade suficiente para manter o girassol livre da competição com plantas daninhas. Os cultivos foram irrigados por aspersão convencional, conforme as necessidades hídricas da cultura.

Na fase de floração, coletou-se de uma planta a quarta folha a partir do capítulo. Essa coleta foi feita em 12 plantas. Essa amostra foi colocada em estufa a 70°C com ventilação forçada de ar. Após a secagem, procedeu-se à trituração em moinho tipo Wiley equipado com peneira de malha 1,27 mm. Procedeu-se, posteriormente, à pesagem, digestão e quantificação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Cu e B, de acordo com Malavolta et

al. (1997). Além das folhas, foram coletadas amostras de solo na camada 0-20 e 20-40 cm para quantificar o B-disponível. Utilizou-se como extrator de B no solo a água quente (Silva 1999).

Quando os capítulos estavam curvados para baixo e com coloração amarelo – marrom foi realizada a colheita. Em seguida, os capítulos foram submetidos à trilha. Foi realizada a pesagem dos aquênios. Determinou-se a produtividade (kg ha^{-1}) com a umidade dos aquênios em 7%.

Os dados obtidos nos experimentos foram analisados individualmente por meio da análise de variância para verificar o efeito dos fatores: cultivares, dose de B e a interação entre eles. Posteriormente, foi realizada uma análise conjunta dos experimentos. As médias das cultivares e dos locais de cultivo foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade). As médias dos tratamentos com e sem aplicação do B foram comparadas pelo teste F (Pimentel-Gomes e Garcia, 2002). Estas análises foram feitas pelo programa Statistical Analysis System (STATISTICAL..., 1990).

3.5 Resultados e discussão

Houve efeito significativo entre o B-disponível do solo na camada de 0-20 e 20-40 cm e nas doses de B. A adubação com B aumentou o teor de B no solo na camada de 0-20 cm nos experimentos de Coimbra e na camada de 20-40 cm no solo de Januária (Tabela 7). Essa resposta diferencial se deve aos aspectos físico-químicos distintos dos solos desses locais. Em Coimbra, o solo com maior teor de matéria orgânica, menor pH e maior teor de argila resultaram em menor lixiviação do B para camadas mais profundas. Essas características propiciam maior adsorção de B no solo (Ferreira et al., 2001). Rosolem e Bíscaro (2007) relataram que a adubação com 5 a 10 kg ha^{-1} de B em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa promoveu perdas consideráveis de B na água percolada. Esses autores comentaram que a dessorção de B é inversamente proporcional ao teor de matéria orgânica e argila.

Tabela 7. B-disponível no solo na camada de 0-20 e 20-40 cm como variável da adubação com Boro e local de cultivo e época de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Camadas	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
	-----mg dm ⁻³ de B no solo-----					
0-20 cm	0,25 Aa	0,28 Ab	0,27 Ba	0,61 Aa	0,53 Aa	1,15 Aa
20-40 cm	0,28 Ba	0,55 Aa	0,25 Aa	0,29 Ab	0,10 Aa	0,40 Aa
C.V (%)	6,36		18,26		43,3	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando doses de B e minúsculas comparando camadas de solos, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

No cultivo de Januária, o teor de B no solo (0-20 cm) não aumentou significativamente com a aplicação de 6 kg ha⁻¹ de B (Tabela 7). Provavelmente, a textura arenosa, o pH próximo da neutralidade e o baixo teor de matéria orgânica do solo reduziram a capacidade de adsorção de B (Rosolem e Biscaro, 2007; Lima et al., 2007). Isso contribuiu para que tenha ocorrido lixiviação de B para camadas de 20-40 cm do solo. No cultivo de Coimbra com semeadura em março/2010, os teores de B foram similares ao nível crítico de 0,60 mg dm⁻³, sugerido por Alvarez et al. (1999). Entretanto, quando a semeadura foi feita em maio, verificou-se maior teor de B com as doses desse nutriente. Possivelmente, essa diferença entre os cultivos de Coimbra esteja relacionada com o pH mais ácido do solo no cultivo realizado em maio. Essa maior acidez pode ter contribuído para reduzir a adsorção de B, dos óxidos de ferro e alumínio na camada de 0-20 cm do solo (Ferreyra e Silva, 1999; Ferreira et al., 2001; Rosolem e Biscaro, 2007). Assim, o B disponível na camada 20-40 cm do solo foi maior que no cultivo de Coimbra com a semeadura em maio.

O teor de B na folha índice foi influenciado pela cultivar e aplicação de B. Entretanto, esse efeito depende do local de cultivo para ser significativo. De modo geral, as cultivares apresentaram diferentes teores de N, P, K e Ca na folha com aplicação de B. Os locais de cultivo interferem nessa resposta. Por sua vez, apenas o efeito da cultivar foi significativo para o teor de Mg na folha. Aplicação de B interfere no teor S nas folhas das cultivares. A produtividade de aquênios foi influenciada pela cultivar e local de cultivo (Tabela 8).

Tabela 8. p-valores da análise de variância individual e conjunta para produtividade (prod.) de aquênios e teor de B e dos macronutrientes na folha índice sobre efeito do local de cultivo, das cultivares e da aplicação de B na cultura do girassol. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Fonte de variação	Prod.	B	N	P	K	Ca	Mg	S
-----Januária mar/2010-----								
Cultivares	0,000	0,050	0,008	0,000	0,033	0,004	0,000	0,174
Boro	0,511	0,010	0,255	0,223	0,825	0,513	0,234	0,435
Cultivares x Boro	0,786	0,446	0,156	0,569	0,268	0,448	0,092	0,307
-----Coimbra mar/2010-----								
Cultivares	0,071	0,050	0,000	0,001	0,495	0,350	0,867	0,104
Boro	0,314	0,005	0,756	0,002	0,044	0,771	0,611	0,910
Cultivares x Boro	0,313	0,000	0,000	0,001	0,275	0,164	0,717	0,015
-----Coimbra mai/2010-----								
Cultivares	0,253	0,097	0,135	0,091	0,833	0,298	0,789	0,652
Boro	0,106	0,151	0,382	0,113	0,028	0,018	0,241	0,015
Cultivares x Boro	0,566	0,163	0,001	0,077	0,040	0,169	0,989	0,609
-----Análise conjunta-----								
Local de cultivo	0,000	0,020	0,614	0,013	0,002	0,002	0,000	0,027
Loc. cult. x Cultivar	0,002	0,123	0,954	0,658	0,593	0,173	0,037	0,825
Loc. cult. x Boro	0,473	0,319	0,875	0,615	0,456	0,150	0,300	0,349
Loc. cult. x Cultivar x Boro	0,124	0,360	0,000	0,000	0,044	0,696	0,727	0,045

A aplicação do B aumentou o teor foliar desse nutriente apenas no cultivo de Januária e para a cultivar MG-02 no cultivo de Coimbra (março/2010) (Tabela 9). Essa mesma cultivar apresentou maior teor foliar de B quando comparada com as demais. No entanto, o maior teor foliar de B não se refletiu em maior produtividade. É provável que tenha ocorrido consumo de luxo do micronutriente para o híbrido MG-02. Isso demonstra que o B-disponível no solo na camada de 0-20 e 20-40 cm do tratamento controle atendeu à exigência das cultivares. Brighenti et al. (2006) verificaram que a dose de 1 kg ha⁻¹ de B elevou o teor de B de 35,6 para 46,2 mg kg⁻¹ na folha índice da cultivar Hélio 251. Entretanto, a produtividade de aquênios foi similar entre os tratamentos.

Tabela 9. Análise individual e conjunta dos teores do B na folha índice e análise conjunta para produtividade de aquênios como variável da adubação com boro, das cultivares e local de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Análise individual	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
Cultivares	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
	-----mg kg ⁻¹ de B na folha-----					
BR-122/V2000	39,8	62,7	62,1 Aa	57,2 Ab	40,3	42,7
M-734	59,4	66,5	61,8 Aa	66,4 Ab	49,25	47,8
MG-02	28,2	54,8	54,2 Ba	86,4 Aa	44,52	63,4
Média	42,4 B	61,4 A	59,4	70,0	44,69	51,3

Análise conjunta	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
BR-122/V2000	51,2 ab		59,7		40,5 a	
M-734	62,9 a		64,1		48,5 a	
MG-02	41,5 b		70,3		53,9 a	
Médias	51,9 B		64,7 A		48,0 B	

Análise conjunta	-----Produtividade de aquênios kg ha ⁻¹ -----					
BR-122/V2000	2222 b		1969 a		1059 a	
M-734	3836 a		2603 a		1261 a	
MG-02	3846 a		2401 a		1290 a	
Médias	3301 A		2352 B		1203 C	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando doses de B ou local de cultivo e minúsculas comparando cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Apesar do menor teor de B no solo no tratamento sem aplicação desse nutriente no cultivo de Januária, a produtividade de aquênios foi similar (Tabelas 7 e 9). Essa eficiência pode ser resultante do maior crescimento das raízes do girassol até as camadas 20-40 cm. É provável também que o nível crítico no solo da tabela de interpretação de 0,60 mg dm⁻³ de B na camada de 0-20 cm seja menor para cultura do girassol (Alvarez et al., 1999). Resultado semelhante foi obtido por Bonacin et al. (2009) quando aplicaram até 4 kg ha⁻¹ de B em Latossolo Vermelho Eutrófico de textura média. Esses autores verificaram que 0,22 mg dm⁻³ de B no solo foram suficientes para obter produtividade de aquênios similar ao tratamento não adubado na variedade BR-122/V2000. Teores de 0,18 mg dm⁻³ de B no solo também propiciaram teores de B na folha adequados para o H 251 (Brighenti et al., 2006).

Hu e Bronw (1997) sugeriram que o fluxo de massa é o principal mecanismo de transporte de B no solo. É provável que a irrigação aumente a absorção de B pelas plantas, pois os teores mesmo abaixo do nível crítico supriram a exigência de B das cultivares BR-122/V2000, M-734 e MG-02. Em outro cultivo irrigado, foi verificado também para a cultivar Hélio 250, em solo arenoso com 0,42 mg dm⁻³, que o teor de B variou de 94 e 114 mg kg⁻¹ (Silva et al., 2011). Por isso, quando o suprimento de água é adequado, os teores de B no solo pode atender a exigência da cultura do girassol.

Não houve diferença de produtividade entre as cultivares nos cultivos de Coimbra. No cultivo de Januária, os híbridos M-734 e MG-02 foram mais produtivos que a cultivar Embrapa 122/V-2000 (Tabela 9). A produtividade foi maior no cultivo de Januária, seguida pelos cultivos de Coimbra com semeadura em março (março/2010) e em maio (maio/2010). A ocorrência de temperatura média do ar de 20 a 25°C durante o cultivo de Januária resultou em melhores condições de cultivo para girassol (Figura 4). Associado a isso, a alta radiação solar de Januária pode ter proporcionado maior potencial produtivo das cultivares, principalmente, dos híbridos. Por sua vez, em Coimbra, o efeito da heterose dos híbridos não foi verificado. Thomaz et al. (2012) verificaram também menor produtividade de aquênios do híbrido M-734 quando semearam em épocas não recomendadas no Paraná. A melhor produtividade dessa cultura está associada à temperatura entre 20 e 30°C e elevada luminosidade (Paul et al., 1990; 1991; Thomaz et al., 2012). Por isso, quando essas condições de cultivo prevalecem durante o desenvolvimento da cultura, altas produtividades de aquênios podem ser obtidas.

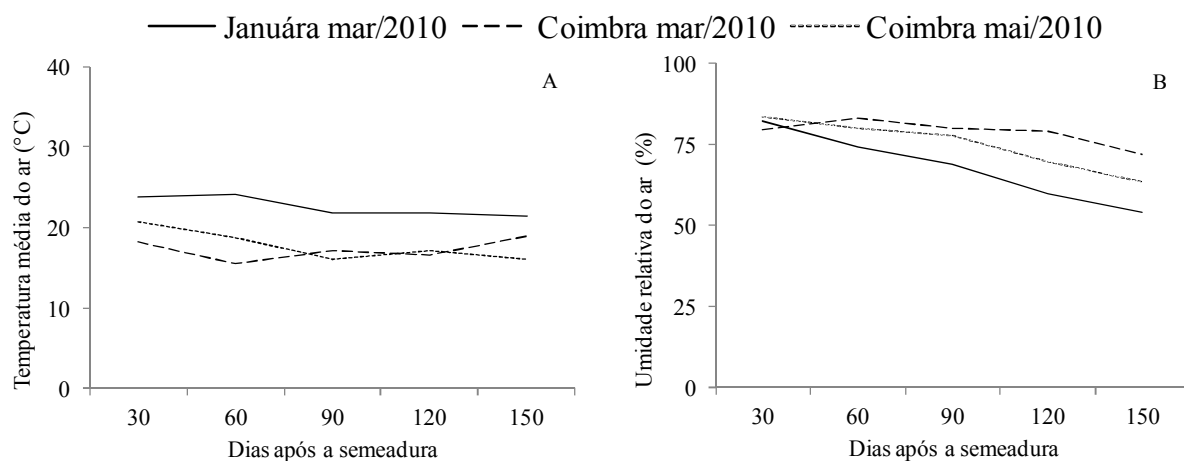


Figura 4. Temperatura média do ar °C (A) e umidade relativa do ar % (B) nos experimentos de Januária março/2010, Coimbra março/2010 e Coimbra maio/2010. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

A adubação com B aumentou o teor de N nos cultivos de Coimbra para a cultivar MG-02. Por outro lado, reduziu o teor de N na cultivar BR122/V2000 no cultivo com semeadura em março (Tabela 10). No cultivo em Januária, o teor de N não foi afetado pela aplicação de B. Neste local, a cultivar MG-02 apresentou maior teor de N que o M-734. Na comparação dos locais de cultivo, o maior teor de N foi observado no cultivo de Coimbra com semeadura em março (Tabela 10). Possivelmente, o maior nível de matéria orgânica no solo e as condições do cultivo de Coimbra (março/2010) podem ter proporcionado maior

disponibilidade de N no solo por mineralização da matéria orgânica (Carvalho e Pissaia, 2002).

Tabela 10. Análise individual e conjunta dos teores foliares do N como variável da adubação com boro e das cultivares e do local de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Análise individual	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
Cultivares	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
	-----g kg ⁻¹ de N na folha-----					
BR-122/V2000	37,5	34,9	49,6 Aa	34,9 Bb	40,2 Aa	36,9 Ab
M-734	33,9	34,6	33,1 Ab	35,0 Ab	34,4 Aab	32,9 Ab
MG-02	38,8	36,7	34,1 Bb	47,9 Aa	32,5 Bb	43,9 Aa
Médias	36,8	35,4	38,9	39,3	35,7	37,9

Análise conjunta	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
BR-122/V2000	36,2 ab		42,2		38,5	
M-734	33,8 b		34,1		33,7	
MG-02	37,8 a		41,0		38,2	
Médias	35,9 B		39,1 A		36,8 B	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando doses de B e entre a local de cultivo e minúsculas comparando cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Esse maior teor de N na folha com aplicação de B não proporcionou maior produtividade de aquênios para a cultivar MG-02 (Tabela 9 e 10). Isso sugere que houve consumo de luxo desse nutriente. Carvalho e Pissaia (2002) observaram um maior acúmulo de N para o M-734 com aplicações crescentes desse nutriente. Apesar disso, não verificaram maior produtividade de aquênios.

Adubação com B proporcionou o maior teor de P na folha da cultivar BR 122 V2000. Em Januária, as cultivares M-734 e MG-02 apresentaram maior teor de P na folha quando comparadas com a BR-122/V2000. Para o cultivo de Coimbra (maio/2010), as cultivares apresentaram comportamento similar (Tabela 11). Esses resultados indicam que aplicação com B interfere no teor de P, mas depende do local de cultivo e da cultivar.

Tabela 11. Análise individual e conjunta dos teores foliares do P em função da adubação com boro e das cultivares e do local de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Análise individual	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
Cultivares	0 kg ha ⁻¹	6 k ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
		-----g kg ⁻¹ de P na folha-----				
BR-122/V2000	4,2	3,8	4,7 Bb	6,5 Aa	3,8	4,4
M-734	4,9	4,7	6,1 Aa	6,2 Aab	3,8	4,7
MG-02	4,7	4,8	5,8 Aa	5,2 Ab	3,8	3,4

Análise conjunta	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
BR-122/V2000	4,0 b		5,6		4,0 a	
M-734	4,7 a		6,1		4,2 a	
MG-02	4,8 a		5,5		3,6 a	
Médias	4,51 B		5,7 A		4,0 C	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando doses de B e o local de cultivo e minúsculas comparando cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em Coimbra (março/2010), as reações de competição entre ânions e B no solo pela superfície adsorvente pode ter alterado a absorção de P (Azevedo et al., 2001; Oliveira Neto et al., 2009). Assim, é provável que tenha favorecido o maior teor de P na folha da cultivar BR-122/V2000. Esse efeito não foi verificado em Januária e Coimbra (maio/2010), possivelmente, devido à disponibilidade de P no solo ter sido maior (Tabela 11). Em Januária, o crescimento mais robusto da raiz dos híbridos pode ter proporcionado maior teor de P nas folhas. Aquino et al. (2012) também verificaram maior teor de P e maior produtividade em aquênios para as cultivares M-734 e MG-02 quando comparadas com à BR-122/V2000.

Outro efeito benéfico na aplicação de B foi verificado no teor de K na folha quando o girassol foi cultivado em Coimbra (Tabela 12). Echer et al. (2009), trabalhando com a cultura da batata, verificaram que o fornecimento de B potencializa a adubação do K. Esse comportamento não foi verificado em Januária, provavelmente devido ao menor teor de K no solo. No cultivo em ambientes controlados, tem sido verificado que o restabelecimento de B em plantas deficientes promove maior absorção de K (Schon et al., 1990; Ferrol et al., 1993). O efeito benéfico de B sobre o teor de K na folha em condições de adequado suprimento de B ainda é desconhecido.

Tabela 12. Análise individual e conjunta dos teores foliares do K como variável da adubação com boro e das cultivares e do local de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Análise individual	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
Cultivares	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
	-----g kg ⁻¹ de K na folha-----					
BR-122/V2000	40,6	37,6	40,6	45,2	48,7	58,1
M-734	39,1	36,7	42,9	46,0	56,3	52,8
MG-02	30,8	34,8	43,9	43,9	49,7	60,4
Médias	36,9	36,4	42,3 B	45,3 A	51,4 B	57,0 A

Análise conjunta	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
BR-122/V2000	39,1 a		42,7 a		53,4 a	
M-734	38,0 ab		44,4 a		54,6 a	
MG-02	33,8 b		43,9 a		55,1 a	
Médias	36,6 C		43,7 B		54,3 A	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando doses de B e local de cultivo e minúsculas comparando cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na média dos locais de cultivo, apenas em Januária houve efeito de cultivar sobre o teor de K (Tabela 12). Nesse local, a cultivar BR-122/V2000 apresentou maior teor, seguida pelas cultivares M-734 e MG-02. Possivelmente, efeito de concentração do nutriente na folha índice tenha ocorrido para a cultivar BR-122/V2000, pois a produtividade de aquênios foi menor quando comparada com as demais cultivares.

Na comparação entre local de cultivo, o maior teor de K na folha índice foi verificado em Coimbra com semeadura em maio (Tabela 12). É provável que tenha ocorrido efeito da concentração do nutriente na folha índice devido menor crescimento da planta nesse cultivo. Por isso, esse maior teor de K na folha não proporcionou ganho de produtividade de aquênios quando comparado com os demais cultivos.

A aplicação com B diminuiu o teor de Ca na folha índice no cultivo de Coimbra com semeadura em maio (Tabela 13). Houve efeito da cultivar apenas em Januária. Nesse local, a cultivar M-734 apresentou maior teor de Ca quando comparada com a BR-122/V2000. Na comparação entre os cultivos, menor teor de Ca na folha foi verificado na semeadura em maio. Essa interferência de B nos teores de Ca na folha pode estar relacionada com as alterações na fluidez das membranas plasmáticas (Ferrol et al., 1993).

Tabela 13. Análise individual e conjunta dos teores foliares do Ca e Mg em função da adubação com boro e das cultivares e do local de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Análise individual	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
Cultivares	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
	-----g kg ⁻¹ de Ca na folha-----					
BR-122/V2000	33,6	36,6	33,1	39,3	29,8	27,7
M-734	42,3	41,0	40,6	35,3	34,1	27,3
MG-02	37,3	38,2	33,1	34,2	31,5	30,5
Médias	37,7	38,6	35,6	36,3	31,8 A	28,5 B

Análise conjunta	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
	-----g kg ⁻¹ de Ca na folha-----					
BR-122/V2000	35,1 b		36,2 a		28,7 a	
M-734	41,6 a		37,9 a		30,7 a	
MG-02	37,7 ab		33,7 a		31,0 a	
Médias	38,1 A		35,9 A		30,1 B	

Análise conjunta	-----g kg ⁻¹ de Mg na folha-----					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
BR-122/V2000	5,4 b		6,4 a		4,5 a	
M-734	6,9 a		6,3 a		4,6 a	
MG-02	5,6 b		6,2 a		4,4 a	
Médias	6,0 A		6,3 A		4,5 B	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando doses de B e local de cultivo e minúsculas comparando cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se que a adubação com B altera os teores tanto do Ca como do K na folha (Tabela 13). Entre esses nutrientes, a maior absorção de K pode resultar em menor absorção Ca (Rosolem, 2005). Assim, é possível que o teor de Ca tenha sido alterado pela maior absorção de K. Apesar desse menor teor de Ca na folha, a produtividade de aquênios não foi alterada.

A adubação com B não alterou o teor de Mg (Tabela 13). A cultivar M-734 apresentou maior teor de Mg em Januária. Nos demais cultivos, os teores de Mg na folha foram similares. Aquino et al. (2012) também verificaram diferenças entre as cultivares nos teores de Mg na folha, mas que não resultaram em maior produtividade de aquênios.

O maior teor foliar de S foi observado no cultivo de Coimbra com semeadura em março. Apenas o teor de S da cultivar BR-122/V200 no cultivo de Coimbra (maio/2010) foi maior com aplicação do B em relação ao tratamento não adubado (Tabela 14). Entretanto, essa diferença nos teores de S na folha não resultou em maior produtividade de aquênios nesses cultivos. É possível que os teores de S tenham suprido a cultura satisfatoriamente. Esses teores de S na folha do presente trabalho foram menores que o valor médio de 8,8 g kg⁻¹ obtido por Silva et al. (2011). Apesar disso, a produtividade de aquênios no presente trabalho nas condições de Coimbra (março/2010) e Januária superou a obtida por Silva et al.

(2011). Esses resultados sugerem que o teor de S na folha não tem limitado a produtividade de aquênios de girassol. Prado e Leal (2006) verificaram que na cultivar Catissol-01 no tratamento de omissão de S, a planta manteve o seu crescimento. Esses autores explicaram que essa variedade apresenta baixa exigência de S. Assim, é provável que no presente trabalho o crescimento da cultura não foi afetado.

Tabela 14. Análise individual e conjunta dos teores foliares do S em função da adubação com boro, das cultivares e do local de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Análise individual	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
Cultivares	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
-----g kg ⁻¹ de S na folha-----						
BR-122/V2000	2,84	3,03	4,60 Aa	3,65 Bb	3,41	4,19
M-734	3,18	2,98	3,57 Aab	4,12 Aab	3,34	3,69
MG-02	3,31	3,46	4,23 Aab	4,57 Aa	3,22	4,17
Média	3,11	3,15	4,13	4,11	3,32 B	4,01 A
Análise conjunta	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
BR-122/V2000	2,93 a		4,12		4,51 a	
M-734	3,08 a		3,84		4,56 a	
MG-02	3,29 a		4,40		4,42 a	
Médias	3,10 C		4,12 A		4,50 B	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando dose e local de cultivo minúsculas comparando cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os teores de Fe na folha índice das cultivares apresentaram diferença significativa apenas no cultivo de Januária. Os teores de Mn e Cu na folha foram similares entre as cultivares. Esses teores não diferiram com a aplicação de B. Os teores de Zn na folha dependem das cultivares, da dose de boro e do local de cultivo. Esse efeito depende da interação desses fatores (Tabela 15).

Tabela 15. p-valores da análise de variância individual e conjunta dos micronutrientes na folha índice sobre o efeito do local de cultivo, das cultivares e da aplicação do B na cultura do girassol. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Fonte de variação	Fe	Mn	Zn	Cu
-----Januária mar/2010-----				
Cultivares	0,033	0,330	0,023	0,108
Boro	0,220	0,203	0,197	0,788
Cultivares x Boro	0,943	0,960	0,044	0,144
-----Coimbra mar/2010-----				
Cultivares	0,720	0,722	0,126	0,826
Boro	0,926	0,934	0,107	0,205
Cultivares x Boro	0,844	0,859	0,038	0,393
-----Coimbra mai/2010-----				
Cultivares	0,685	0,893	0,205	0,081
Boro	0,119	0,088	0,448	0,607
Cultivares x Boro	0,162	0,103	0,002	0,149
-----Análise conjunta-----				
Local de cultivo	0,017	0,109	0,134	0,000
Local de cultivo x Cultivar	0,406	0,774	0,850	0,438
Local de cultivo x Boro	0,476	0,881	0,932	0,649
Local de cultivo x Cultivar x Boro	0,454	0,008	0,001	0,096

Os teores de micronutrientes catiônicos foram mais influenciados pelo local de cultivo do que pelas doses de B e pelas cultivares (Tabela 16). Apenas os teores de Zn na folha foram influenciados pela aplicação de B e pelas cultivares. Apesar disso, a produtividade de aquênios não foi alterada. Os teores foliar de Cu, Fe, Mn e Zn encontrados no presente trabalho, foram menores que os observados por Silva et al. (2011) para o híbrido Hélio 250 e que os de Prado e Leal (2006) para cultivar Catissol-01. Apesar desses menores teores dos micronutrientes, a produtividade de aquênios dos experimentos de Januária e Coimbra (março/2010) foi maior que a obtida por Silva et al. (2011).

Tabela 16. Análise individual para teor de Zn na folha e conjunta para os teores de Fe, Mn e Cu na folha como variável da adubação com boro, das cultivares e do local de cultivo. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Análise individual	Local/época de cultivo					
	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
Cultivares	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹
-----mg kg ⁻¹ de Zn na folha-----						
BR-122/V2000	55,4 Aa	55,2 Ab	63,1 Ba	73,4 Aa	71,3 Aab	65,4 Aa
M-734	65,0Aa	62,5 Aab	66,5 Aa	62,8 Ab	60,5 Bb	77,5 Aa
MG-02	55,5 Ba	67,6 Aa	68,0 Aa	71,7 Aab	76,3 Aa	70,9 Aa

Análise conjunta	Januária março/2010		Coimbra março/2010		Coimbra maio/2010	
-----mg kg ⁻¹ de Fe na folha-----						
BR-122/V2000	50,5 a		56,5 a		61,4 a	
M-734	40,8 ab		49,7 a		66,1 a	
MG-02	33,3 b		54,5 a		59,7 a	
Médias	41,5 B		53,6 A		62,4 A	

Análise conjunta	-----mg kg ⁻¹ de Mn na folha-----					
BR-122/V2000	252,5 a		282,7 a		313,3 a	
M-734	204,2 ab		248,8 a		402,6 a	
MG-02	166,6 b		271,8 a		381,1 a	
Médias	207,7 B		267,7 B		365,7 A	

Análise conjunta	-----mg kg ⁻¹ de Cu na folha-----					
BR-122/V2000	14,08		45,7 a		50,0 a	
M-734	15,83		44,1 a		41,1 a	
MG-02	16,73		44,2 a		50,7 a	
Médias	15,55 B		44,7 A		47,3 A	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando doses e local de cultivo e minúsculas comparando cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O maior teor de Fe, Mn e Cu no solo dos experimentos de Coimbra resultou no maior teor desse micronutriente na folha quando comparado ao de Januária (Tabela 16). Silva et al. (2011) explicaram que solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica proporcionaram menores teores de Fe e Cu no girassol. Esses resultados também sugerem que a disponibilidade de Fe e cultivares distintas interferem nos teores de Fe, Mn e Cu na folha.

Para alcançar altas produtividades, os teores dos nutrientes devem ser similares aos valores encontrados em Januária e Coimbra com semeadura em março. No experimento de Coimbra com semeadura em maio, a produtividade de aquênios foi afetada. Provavelmente, baixas temperaturas e menor luminosidade podem ter contribuído para a planta ter apresentado o potencial produtivo de aquênios menor. Por isso, época de semeadura pode ser decisiva para a cultura do girassol em Coimbra.

3.6 Conclusões

Na condição desse cultivo, aplicação com B não alterou a produtividade de aquênios. A aplicação de B alterou os teores desse nutriente na folha apenas da cultivar MG-02 no cultivo de Coimbra com semeadura em março.

A adubação com B aumentou o teor de K na folha índice no cultivo de Coimbra com semeadura março e maio, independentemente da cultivar. A cultivar BR-122/V2000 apresentou maior teor de P na folha quando cultivada na presença da adubação com B.

A média dos teores dos nutrientes na folha nos três experimentos seguiu a sequência decrescente para os macronutrientes $K > N > Ca > Mg > P > S$ e para os micronutrientes $Mn > Zn > B = Fe > Cu$.

As cultivares M-734 e MG-02 apresentaram maior produtividade de aquênios em Januária. Nos cultivos de Coimbra, as cultivares apresentaram produtividades similares. Nesse local, a semeadura em maio reduziu a produtividade de aquênios das cultivares.

3.7 Referências

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. Aproximação. Viçosa : CFSEMG, 1999. p.25-32. 1999.

AQUINO, L. A.; SILVA, F.D.B.; BERGER, P.G. Caracteres agrônômicos e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, prelo, 2012.

AZEVEDO, R. A.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Adsorção de Boro em solos de várzeas do sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.7, p.957-964, 2001.

BONACIN, G.A.; RODRIGUES, T.J.D.; CRUZ, M.C.P.; BANZATTO, D.A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.111-116, 2009.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; MENEZES, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; FERNANDES, P.B. Aplicação simultânea de dessecantes e boro no manejo de plantas daninhas e na nutrição mineral das culturas de soja e girassol. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 797-804, 2006.

CARVALHO, D.B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha; I – rendimento de grãos e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.41-45, 2002.

DANNEL, F.; PFEFFER, H. P.; RÖMHELD, V. Characterization of root boron pools, boron uptake and boron translocation in sunflower using the stable isotopes ^{10}B and ^{11}B . **Australian Journal of Plant Physiology**, v.27, n.5, p.397 – 405, 2000.

ECHER FR; DOMINATO JC; CRESTE JE; SANTOS DH. Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batata doce. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.171-175, 2009.

FERREIRA, G.B.; FONTES R.L.F.; FONTES M.P.F.; ALVAREZ V., V.H. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25 n.1 p.91-101, 2001.

FERREYRA, H. F.F.; SILVA, F.R. Frações de Boro e índices de disponibilidade em solos do estado do Ceara. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.227-236, 1999.

FERROL, N.; BELVER, A. ROLDÁN, M.; RODRIGUEZ-ROSALES, M.P.; DONAIRE, J.P. Effects of boron on proton transport and membrane properties of sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cell Microsomes. **Plant Physiology**, v.73, n.103, p-763-769, 1993.

FOLONI, J. S. S.; GARCIA, R.A.; CARDOSO, C.L.; TEIXEIRA, J.P.; FILHO, H.G. Desenvolvimento de grãos e produção de fitomassa do girassol em função de adubações boratadas. **Bioscience Journal**, v.26, n.2, p. 273-280, 2010.

HU, H.; BROWN, P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, v.193, p.49-58, 1997.

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

OLIVEIRA NETO, W.; MUNIZ, A.S.; SILVA, M.G.; CASTRO, C.; BORKERT, C.M. Boron extraction and vertical mobility in Parana state oxisol Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1259-1258, 2009.

OYINLOLA, E. Y. Effect of boron fertilizer on yield and oil content of there sunflower cultivars in the Nigerian savanna. **Journal of Agronomy**, v.6, p.421-426, 2007.

PAUL, M.J.; LAWLOR, D.W.; DRISCOLL, S.P. The effect of cooling on photosynthesis amounts of carbohydrate and assimilate export in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.845-852, 1991.

PAUL, M.J.; LAWLOR, D.W.; DRISCOLL, S.P. The effect of temperature on photosynthesis and carbon fluxes in sunflower and rape. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.547-555, 1990

PFEFFER, H.; DANNEL, F.; ROMHELD, V. Are there two mechanisms for boron uptake in sunflower? **Journal Plant Physiology**, v.155, p.34–40, 1999.

PIMENTEL-GOMES, F., C.H GARCIA. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.

- PRADO, R.M.; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.3, p.187-193, 2006.
- ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007.
- ROSOLEM, C.A. **Interação do potássio com outros íons**. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L., ed. Potássio na agricultura Brasileira. Piracicaba, 2005. p.239-260.
- ROSOLEM, C.A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2375-2383, 2008.
- SCHON, M.K.; NOVACKY, A.; BLEVINS, D.G. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membrane and increases membrane permeability to K⁺. **Plant Physiology**, v.93, p.566-571, 1990.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.
- SILVA, F.R.; FERREYRA H., F.F. Avaliação de extratores de boro em solos do estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.471-478, 1998.
- SILVA, H.R.F.; AQUINO, L.A; BATISTA, C.H. Efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão ao algodoeiro. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 786-793, 2011.
- SOUZA, A., ARIAS, C. A.; M.F. OLIVEIRA, B.R. CASTIGLIONI. Selection of sunflower cultivars for boron efficiency using nutrient solution. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.125-132, 2003.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. 1990. **SAS User's guide**. 4. ed. Cary.
- THOMAZ, G.L.; ZAGONEL, J.; COLASANTE, L.O.; NOGUEIRA, R.R. Produção do girassol e teor de óleo nas sementes em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Paraná. **Ciência Rural**, v.42, n.2, 2012.
- YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas**, n.90, p.1-5, 2000.

CAPÍTULO III

Cultivar, boro e local de cultivo afetam o rendimento e qualidade do óleo de girassol?

4.1 Resumo

Alterações na composição química dos ácidos graxos nas sementes de oleaginosas têm ganho importância tecnológica no que diz respeito à estabilidade oxidativa e nutricional do óleo. Objetivou-se, a avaliar a produtividade de aquênios e do óleo, teor de óleo e composição dos ácidos graxos nos aquênios de três cultivares de girassol em três locais de cultivo, na presença e ausência da adubação com B. Foram instalados dois experimentos em Coimbra-MG e um em Januária-MG. Em Coimbra, o primeiro experimento foi conduzido no período de março a agosto (Coimbra março/2010) e o segundo de maio a setembro (Coimbra maio/2010). Em Januária, o experimento foi conduzido no período de março a julho (Januária março/2010). As doses utilizadas foram 0 e 6 kg ha⁻¹ de B. As cultivares utilizadas foram BR-122/V2000, M-734 e MG-02. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso. O arranjo fatorial foi 3 x 2 (Cultivares x doses de boro) com quatro repetições em três condições de cultivo. Foram avaliados a produtividade, massa de mil aquênios, teor de óleo e proteína, rendimento de óleo, e teor dos ácidos graxos oleico, linoleico, palmítico e esteárico nos aquênios. Os dados obtidos nos experimentos foram analisados individualmente e conjuntamente por meio da análise de variância. As cultivares M-734 e MG-02 apresentaram maior produtividade de aquênios e rendimento de óleo em Januária. Nos cultivos de Coimbra, as cultivares apresentaram produtividade de aquênios e rendimento de óleo similares. Menores temperaturas durante a fase de estabelecimento da cultura em Coimbra maio/2010 reduziram a produtividade de aquênios e o rendimento do óleo das cultivares. A cultivar BR122-V2000 aumentou o conteúdo de proteína sem comprometer o teor de óleo quando a temperatura do ar foi maior na fase de maturação. Essa cultivar dependeu de maiores temperatura do ar para sintetizar mais ácido graxo oleico. A cultivar M-734 sintetizou maior teor de ácido graxo palmítico quando a temperatura do ar foi menor. A síntese de ácido graxo oleico e linoleico na cultivar MG-02 não variou com o local de cultivo. A síntese do ácido graxo esteárico das cultivares não variou com alterações na temperatura do ar. O cultivo em Januária março/2010 proporcionou maior teor de ácido graxo oleico. O maior percentual de ácido graxo linoleico foi verificado em Coimbra com semeadura em março. Aplicação de B no solo não interferiu nos componentes da produção quando o teor de B no solo atendeu à demanda da planta.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, ácido graxo oleico, ácido graxo linoleico, ácido graxo palmítico, ácido graxo esteárico.

4.2 Abstract

Changes in the chemical composition of fatty acids in oilseeds have gained technical importance as regards oil oxidative stability and nutritional status. This study aimed to evaluate the productivity of grain and oil, oil content and fatty acid composition in the achenes of three cultivars of sunflower growing at three sites, in the presence and absence of B fertilization. Two experiments were carried out in Coimbra-MG and Januária-MG. In Coimbra, the first experiment was conducted in the period from March to August (Coimbra, March 2010) and the second from May to September (Coimbra, May 2010). In Januária, the experiment was conducted from March to July (Januária, March 2010). The doses used were 0 and 6 kg ha⁻¹ of B. The cultivars used were BR-122/V2000, M-734 and MG-02. The experimental design was a randomized block in factorial arrangement of 3 cultivars x 2 doses of boron with four replications in three growing conditions. The productivity, mass of a thousand achene, protein and oil content, oil yield and achene fatty acid content of oleic, linoleic, palmitic and stearic were determined. The data obtained in the experiments were analyzed by analysis of variance. The cultivars M-734 and MG-02 showed higher productivity of grain and oil yield in Januária. In Coimbra crops, cultivars present similar productivity of grain and oil yield. Lower temperatures during the crop establishment in Coimbra (May 2010) reduced cultivars' achene productivity and oil yield. The cultivar BR122-V2000 increased protein content without compromising the oil content when the air temperature was higher on maturity. This cultivar depends on a higher air temperature to synthesize more oleic fatty acid. The cultivar M-734 synthesizes higher content of palmitic fatty acid when the air temperature is lower. The synthesis of oleic and linoleic fatty acid of cultivar MG-02 does not vary with the growing conditions. The synthesis of stearic fatty acid of cultivars does not vary with changes in air temperature. Growing in Januária (March 2010) provides a higher content of oleic fatty acid. The highest percentage of linoleic fatty acid was observed in Coimbra with seeding in March. Application of B in the soil did not affect the production of components when B content in the soil has met the demand of the plant.

Keywords: *Helianthus annuus*, oleic fatty acid, linoleic fatty acid, palmitic fatty acid, stearic fatty acid.

4.3 Introdução

Alterações na composição química dos ácidos graxos nas sementes de oleaginosas têm ganho a importância tecnológica no que diz respeito à estabilidade oxidativa e qualidade nutricional (Lagravère et al., 2004; Zheljaskov et al., 2009; Werteker et al., 2010). A menor estabilidade oxidativa do óleo é decorrente principalmente da presença de maior percentual de ácidos graxos polinsaturados (Masuchi et al., 2008). O acréscimo do teor do ácido graxo oleico com a diminuição do percentual do linoleico tem sido mencionado no cultivo de girassol como um dos responsáveis pela maior estabilidade oxidativa do óleo (Smith et al., 2007; Petersen et al., 2011). Alterações dos ácidos graxos são influenciadas pela temperatura durante a maturação dos aquênios de girassol e pelo fator genético das cultivares (Lagravère et al., 2004; Rolletschek et al., 2007; Werteker et al., 2010). Esses autores apresentaram cultivares que apresentam maior ácido graxo oleico mesmo com a variação da temperatura. Essas cultivares são denominadas de alto oleico quando a composição está entre 75 a 90% de ácido graxo oleico no óleo. Por sua vez, quando a porcentagem de ácido graxo linoleico no óleo varia de 48 a 74% podem ser denominadas de convencional (Codex Alimentarius Committee, 2011).

O maior teor do ácido graxo oleico tem beneficiado economicamente os produtores durante a comercialização do óleo nos Estados Unidos (Zheljaskov et al., 2009). Para isso, o local de cultivo, a cultivar e a época de semeadura são decisivos para atingir o percentual de ácidos graxos desejáveis, em especial o oleico (Flagella et al., 2002; Qadir et al., 2006; Zheljaskov et al., 2009). Esses últimos autores também verificaram que os ácidos graxos palmítico e esteárico variaram com a época de semeadura.

No Brasil, a cultura do girassol é uma opção em sistemas de rotação de culturas. Comumente o girassol é cultivado no final da estação chuvosa. Por isso, a escassez hídrica e baixas temperaturas são comuns nos cultivos brasileiros. As baixas temperaturas durante a maturação dos aquênios podem resultar em alterações nutricionais e afetar a estabilidade do óleo. Por outro lado, essa condição climática pode afetar a partição de assimilados e reduzir o crescimento da cultura (Paul et al., 1990; 1991; Sims et al., 1999; Hewezi et al., 2006). Consequentemente, o potencial de produção de aquênios e o teor de óleo podem ser diminuídos drasticamente (Miralles et al., 1997).

A variação dos elementos do clima como temperatura do ar e a umidade do solo podem reduzir a absorção de B pelas plantas, pois alteram o fluxo respiratório (Hu e Brown, 1997; Ferreira et al., 2001). A adubação com B tem favorecido o incremento da taxa fotossintética, teor de óleo, teor de proteína e produtividade de aquênios de girassol

(Cakmak e Romeheld, 1997; Chatterjee e Nautiyal, 2000; Oyinlola, 2007; Zahoor et al., 2011). Por outro lado, resultados experimentais não constataram efeito do B na produtividade de aquênios (Brighenti et al., 2006). Souza et al. (2003) explicaram que essa condição depende da cultivar ser responsiva ou eficiente com relação a uso do B. A escolha da época de semeadura e da cultivar são decisivas para o alcance de alto rendimento e qualidade do óleo. Assim, objetivou-se, avaliar produtividade dos aquênios e do óleo, teor de óleo e composição dos ácidos graxos nos aquênios de três cultivares de girassol em três locais de cultivo, na presença e ausência da adubação com B. Assim, como avaliar os componentes da produção.

4.4 Material e métodos

Foram instalados três experimentos: dois no Campo Experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado em Coimbra-MG, e um terceiro experimento, na Unidade experimental do Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia (IFET), no Norte de Minas Gerais, no Campus de Januária.

A estação experimental de Coimbra tem a seguinte localização: latitude 20°51'24'' S, longitude 42°48'10'' W. A altitude é de 720 m. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como tropical de altitude. Tem precipitação concentrada nos meses de outubro a março, com a média de 1.300 a 1.400 mm. A temperatura média anual é de 19°C. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo com 80 g kg⁻¹ de Areia Grossa, 20 g kg⁻¹ de areia fina, 180 g kg⁻¹ de silte e 720 g kg⁻¹ de argila.

A área experimental de Januária está situada na latitude 15° 28' 55'' S e longitude 44° 22' 41'' W. Tem altitude média de 474 m. De acordo com a classificação de Köppen, essa região tem o clima classificado como tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso (Aw). A precipitação média anual é de 850 mm, a umidade relativa média do ar é de 60 % e a temperatura média anual é de 27°C. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico com 300 g kg⁻¹ de Areia Grossa, 570 g kg⁻¹ de areia fina, 30 g kg⁻¹ de silte e 100 g kg⁻¹ de argila.

Tabela 17. Características químicas e físicas do solo na camada de 0-20 e de 20-40 cm antes da semeadura em Januária e Coimbra. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Caraterísticas químicas do solo	Local/época de semeadura					
	-Januária março/2010-		-Coimbra março/2010-		-Coimbra maio/2010-	
	-----camada do solo-----					
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
M.O (dag kg ⁻¹)	1,40	1,30	3,30	2,60	3,30	2,50
pH (H ₂ O)	6,30	6,20	5,30	4,90	4,80	5,00
P-rem (mg L ⁻¹)	44,4	44,4	27,9	17,9	21,8	15,6
P (mg dm ⁻³)	47,3	22,4	8,90	3,20	11,0	2,80
K (mg dm ⁻³)	30,0	32,0	85,0	20,0	73,0	35,0
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	2,00	1,60	1,90	1,70	1,30	1,70
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,20	0,20	0,70	0,40	0,60	0,40
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,10	0,40	0,50	0,20
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	1,16	0,83	4,95	4,62	5,61	3,80
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,28	1,88	2,82	2,15	2,09	2,19
T (cmol _c dm ⁻³)	3,44	2,71	7,77	6,77	8,15	5,99
m (%)	0,00	0,00	3,42	15,6	19,3	8,36
V (%)	66,3	69,4	36,3	31,7	25,6	36,6
Cu (mg dm ⁻³)	0,60	0,60	3,10	2,50	2,80	2,50
Mn (mg dm ⁻³)	25,7	20,1	39,5	19,9	48,2	26,2
Fe (mg dm ⁻³)	20,3	14,3	64,5	32,0	82,1	50,6
Zn (mg dm ⁻³)	3,00	2,00	2,00	0,90	5,70	1,00

pH H₂O (1:2,5); Extrator Mehlich 1 - P, K, Fe, Zn, Mn e Cu; KCl 1 mol L⁻¹ - Ca²⁺, Mg²⁺; Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ pH 7 - H+Al; Fosfato monocálcico em ácido acético - S; M.O = Matéria Orgânica; P-rem = Fósforo remanescente; CTC (T) - Capacidade de troca catiônica efetiva; m=Índice de saturação de alumínio e V= Índice de saturação de bases.

Em Coimbra, os experimentos foram instalados no período de março a agosto (Coimbra março/2010) e de maio a setembro (Coimbra maio/2010). Em Januária, o experimento foi instalado no período de março a julho (Januária março/2010). A temperatura média e a umidade relativa do ar foram registradas durante a condução dos experimentos.

Os tratamentos foram: três cultivares de girassol (M-734, MG-02 e BR122-V2000) x dois níveis de aplicação de B ao solo (0 e 6 kg ha⁻¹). As cultivares foram selecionadas levando-se em consideração o ciclo (precoce e tardio). As cultivares M-734 e MG-02 são híbridos tardios. A BR122-V2000 é de polinização aberta e precoce. As sementes (aquênios) foram provenientes das Empresas Dow AgroScience Industrial Ltda (M-734 e MG-02) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (BR122-V2000).

Nos tratamentos com aplicação de 6 kg ha⁻¹ de B, esse nutriente foi aplicado em três fases: na semeadura, em V₄ (4 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento) e em V₆ (6 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento). A fonte de B utilizada foi o bórax com 11 % de B.

Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial (3 cultivares x 2 níveis de B). Adotou-se o delineamento em blocos com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de cinco linhas com 6 m de comprimento e espaçadas de 0,7 m. As três linhas centrais, menos 50 cm da extremidade, foram consideradas úteis.

Nos experimentos, o preparo de solo constou de aração a 20 cm de profundidade e de duas gradagens para destorrar e nivelar a superfície. Na semeadura foram distribuídos 90.000 aquênios ha⁻¹. No estágio V₂ (2 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento) e V₄ (4 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento), foram feitos os desbastes. Após essas operações, ajustou-se a população para 40.000 plantas ha⁻¹.

A fertilização dos cultivos em Coimbra consistiu de 95 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 K₂O ha⁻¹. A fertilização do cultivo de Januária consistiu de 95 kg ha⁻¹ de N e de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 95 kg ha⁻¹ de K₂O. Foram utilizados o superfosfato simples como fonte de P, a ureia como fonte de N e o cloreto de potássio como fonte de K. O fertilizante fosfatado e 10% da dose de N e de K₂O foram aplicados no sulco de semeadura. O restante de N e K foram divididos em três aplicações nos estádios V₄, V₆ e V₈.

O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais entre a emergência e o estágio V₁₀ (10 folhas com pelo menos 4 cm), em quantidade suficiente para manter o girassol livre da competição com plantas daninhas. Os cultivos foram irrigados por aspersão convencional, conforme as necessidades hídricas da cultura.

Quando os capítulos estavam curvados para baixo e com coloração amarelo – marrom, foi feita a colheita. Em seguida, os capítulos foram submetidos à trilha. Foi realizada a pesagem dos aquênios. Determinou-se a produtividade (kg ha⁻¹) com a umidade dos aquênios em 7%. Em seguida, oito repetições de 100 aquênios de cada tratamento foram pesados para em seguida ser calculada a massa de mil aquênios de acordo com Brasil (2009).

Uma amostra de 100 g de aquênios foi utilizada para determinação do teor de óleo. Os aquênios foram triturados em moinho analítico e submetidos à secagem em estufa a 75°C, durante 24 horas. Em seguida, 30 g da amostra foram resfriados em um dessecador por 30 minutos, retirados 0,75 g de sementes, que foram triturados e colocados em saco de fibra sintética. Nesta ocasião, as amostras foram colocadas em uma estufa a 75°C durante duas horas. Após esta etapa, foram pesados o conjunto da amostra mais o saco de fibra sintética, para submetê-los ao sistema Ankon® Technology equipamento F57. Utilizou-se éter de petróleo a 90°C durante uma hora para extrair os lipídios. Para remover o resíduo de éter de

petróleo, a amostra foi colocada em estufa a 75°C durante uma hora e depois pesada. O teor de óleo foi expresso em %.

O teor de proteína foi estimado pelo equivalente proteico de acordo com procedimento 991.20 (33.2.11) (Brasil, 2001). Essa estimativa é obtida pelo produto entre o teor de N e a constante 6,25. O teor de N foi determinado pelo método de Kjeldahl descrito pelo Association of Official Analytical Chemists (1975), com adaptações.

A determinação da composição de ácidos graxos da fração do óleo foi obtida por cromatografia gasosa, com a utilização de metodologia de Bubeck et al. (1989). Os teores dos ácidos graxos oleico, linoleico, palmítico e esteárico foram obtidos de 30 g de aquênios triturados em moinho analítico. No preparo da amostra, foram utilizados 15 mg do material triturado. Adicionou-se 1 mL de hexano e manteve-se a mistura 4°C por cerca de 16 horas, sob atmosfera de N₂. Após esse tempo, a solução de lipídios em hexano foi transferida para outro tubo e o solvente, evaporado por borbulhamento de N₂. Em seguida, na fração lipídica, adicionou-se 0,4 mL de metóxido de sódio 1 M, sendo os tubos mantidos em banho-maria a 30°C por 1 hora. Acrescentaram-se 1 mL de água e 1 mL de hexano. Após uma hora, com auxílio de uma pipeta, 0,75 mL foram retirados da fase orgânica e transferidos para outros tubos. Nesta etapa, foram adicionados 0,75 mL de sulfato de sódio anidro. Finalmente, 1 µL da fase orgânica foi injetado em cromatógrafo a gás GC-17A, equipado com autoinjeter AOC-17 e integrador C-R7A, marca Shimadzu. A temperatura do injetor foi de 245°C, do detector, de 280°C, e da coluna, de 225°C. O gás de arraste foi o nitrogênio, com fluxo de 1.1 mL min⁻¹. A relação entre ácido graxo linoleico/oleico foi calculada e expressa em %.

Os dados obtidos nos experimentos foram analisados individualmente por meio da análise de variância para verificar o efeito dos fatores cultivares, dose de B e a interação entre eles. Posteriormente, foi feita uma análise conjunta dos experimentos. As médias das cultivares e dos locais de cultivo foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade). As médias dos tratamentos com e sem aplicação do B foram comparadas pelo teste F (Pimentel-Gomes e Garcia, 2002). Estas análises foram feitas pelo programa Statistical Analysis System (STATISTICAL..., 1990).

4.5 Resultados e discussão

De acordo com a análise dos resíduos dos experimentos, todas as variáveis apresentaram relação menor que três. Por isso, essas variáveis podem ser avaliadas conjuntamente, conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002). O efeito de B nas variáveis estudadas não foi verificado conforme a análise estatística individual e conjunta. O teor de B

na camada do solo 0-20 cm e 20-40 cm variou de 0,25 a 0,53 e de 0,10 a 0,28 mg kg⁻¹, respectivamente. Esse suprimento de B inicial (0-20 cm) associado ao maior crescimento de raiz em profundidade no solo até camadas de 20-40 cm foi suficiente para suprir as necessidades da planta. Por sua vez, o local de cultivo alterou significativamente o comportamento produtivo das cultivares.

Houve variação da temperatura do ar, umidade relativa do ar e luminosidade entre os experimentos (Figura 5). Essas variações na temperatura do ar e da luminosidade nos locais de cultivos influenciaram o potencial produtivo das cultivares. Segundo Villalobos e Ritchie (1992) e Agele (2003), quando o crescimento da cultura não é prejudicado por estresse hídrico, a temperatura do ar é o fator limitante.

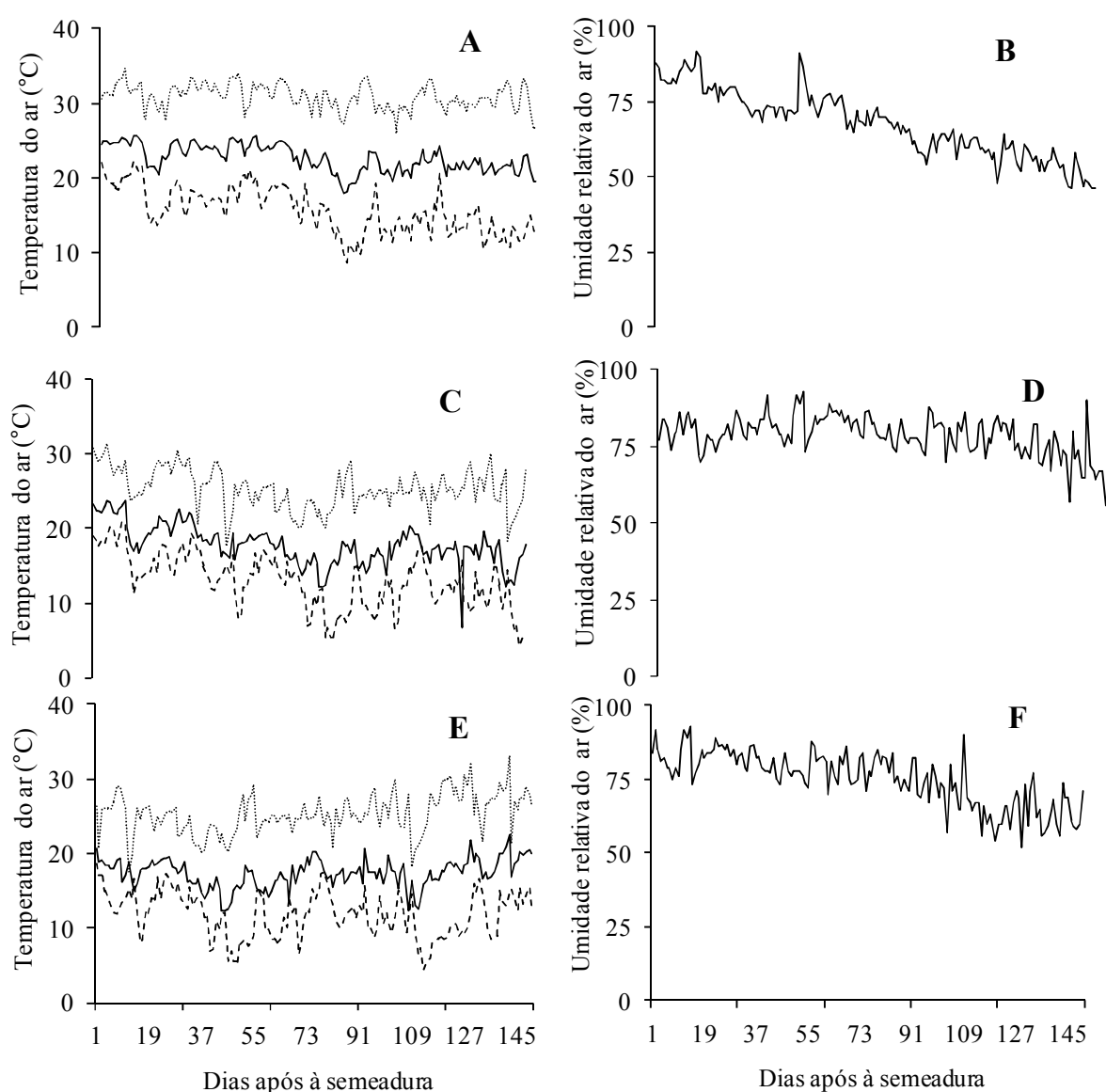


Figura 5. Temperatura média, temperatura mínima e máxima e umidade relativa do ar durante o período de condução dos experimentos (março a setembro de 2010). A e B – referente à Januária março/2010; C e D – referente à Coimbra março/2010; E e F – referente à Coimbra maio/2010. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

No experimento de Januária (março/2010), a umidade relativa do ar foi menor no período final do cultivo quando comparada com os demais experimentos (Figura 5). Apesar disso, a umidade relativa do ar não alterou o desempenho produtivo das cultivares (Tabela 18). Nesse local, a produtividade de aquênios foi maior quando comparada com os demais cultivos. Diferentemente desses resultados, Miralles et al. (1997) verificaram que altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar dessecaram o estigma da cultivar SH-222. Isso reduziu a viabilidade do pólen, aumentando o número de aquênios deformados e estéreis, diminuindo, por conseguinte, a produtividade de aquênios viáveis (Miralles et al., 1997).

Tabela 18. Produtividade de aquênios, massa de mil aquênios, teor de óleo como variáveis do local de cultivo e de cultivares de girassol. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Cultivares	Local/época de cultivo			Médias
	Januária Março/2010	Coimbra Março/2010	Coimbra Maio/2010	
	-----Produtividade de aquênios (kg ha ⁻¹)-----			
BR122-V2000	2222 Ab	1969 Aa	1059 Ba	1750
M-734	3846 Aa	2401 Ba	1290 Ca	2512
MG-02	3836 Aa	2603 Ba	1261 Ca	2567
Médias	3301	2352	1203	
	-----Massa de mil aquênios (g)-----			
BR122-V2000	74,0 Aa	70,7Aa	73,3 Aa	72,7
M-734	73,4 Aa	71,1 Aa	58,6 Bb	66,8
MG-02	70,9 Aa	58,8 Bb	55,6 Bb	62,5
Médias	72,8	66,8	62,5	
	-----Teor de óleo (%)-----			
BR122-V2000	40,3	43,6	39,4	41,1 a
M-734	42,3	42,4	38,9	41,2 a
MG-02	42,9	44,0	41,8	42,9 a
Médias	41,8 AB	43,3 A	40,0 B	
	-----Teor de proteína (%)-----			
BR122-V2000	22,5 Aa	18,0 Ba	20,7 Aba	20,4
M-734	18,1 Ac	16,0 Aa	16,7 Ab	16,9
MG-02	20,3 Ab	15,4 Ba	16,0 Bb	17,2
Médias	20,3	16,4	17,8	
	-----Rendimento de óleo (kg ha ⁻¹)-----			
BR122-V2000	893 Ab	860 Aa	423 Ba	726
M-734	1631 Aa	1020 Ba	500 Ca	1051
MG-02	1650 Aa	1136 Ba	529 Ca	1106
Médias	1391	1006	485	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando local de cultivo e minúsculas comparando Cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A temperatura do ar e luminosidade são dos fatores que podem explicar as produtividades distintas de aquênios e de óleo entre os locais de cultivo (Tabela 16). No cultivo em Januária, a temperatura do ar permaneceu acima de 20°C durante o cultivo. Nesse

local, as cultivares M-734 e MG-02 foram mais produtivos que BR-122/V-2000. Essa maior produtividade da M-734 também foi verificada por Thomaz et al. (2012) quando comparou com outra variedade (catissol).

As produtividades de aquênios obtidas no cultivo de Coimbra (março/2010) foram menores que as obtidas em Januária (Tabela 16). É provável que as baixas temperaturas do ar durante o período reprodutivo nos cultivos em Coimbra tenham comprometido a produtividade dos aquênios. Esse efeito foi mais pronunciado nas cultivares M-734 e MG-02. Baixas temperaturas do ar podem reduzir a translocação de fotoassimilados. Isso proporciona o acúmulo de sacarose na folha, o que promove a inibição da fotossíntese. (Paul et al., 1990; 1991; Sims et al., 1999). Isso compromete o transporte de carboidratos no enchimento dos aquênios, principalmente no centro do capítulo, pois há o desequilíbrio entre a fonte e dreno (Alkio et al., 2003). A permanência desse estresse danificam as conexões vasculares entre a inflorescência e os aquênios que ocasionam maior taxa de aquênios vazios (Alkio e Grimm, 2003). Por conseguinte, a produtividade de aquênios é menor (Alkio e Grimm, 2009). Menores temperaturas do ar também comprometeram a produtividade de aquênios dos híbridos MG-02 e S-272 (Kaleem et al., 2009; 2011).

No cultivo de Coimbra com semeadura no mês de maio, as produtividades de aquênios e de óleo foram afetadas (Tabela 16). Nessa época, foram verificadas menores temperaturas diárias e redução da luminosidade. Essa condição pode ter prejudicado o estabelecimento da planta, conseqüentemente, o seu dossel. Thomaz et al. (2012) também verificaram menor enchimentos dos aquênios devido a diminuição da radiação com a semeadura tardia.

A massa de mil aquênios foi maior no cultivo de Januária. Entre os cultivos de Coimbra, a massa de mil aquênios do M-734 foi menor com a semeadura de maio. Nesse cultivo, M-734 e BR122-V2000 apresentaram maior massa de mil aquênios (Tabela 16). Entretanto, menor massa de mil aquênios na MG-02, não resultou menor produtividade de aquênios nos cultivos de Coimbra. Possivelmente, essa cultivar tenha maior número de aquênios por capítulo conforme Vogt et al. (2010). Assim, menor massa de mil aquênios é compensada pelo maior número de aquênios por capítulo. Valores da massa de mil aquênios obtido para o MG-02 superam os 47,2 g obtidos por Vogt et al. (2010) e os 57,36 g por Pivetta et al. (2012), ambos cultivados no Paraná.

O local de cultivo influenciou o teor de proteína apenas para as cultivares BR122-V2000 e MG-02. (Tabela 18). Maiores temperaturas do ar em Januária durante o período de maturação dos aquênios proporcionaram uma maior síntese de proteína. Essa condição climática favoreceu mais o BR-122/V-2000 seguido do MG-02. Temperaturas baixas do ar

podem ter interferido na síntese proteica e na translocação dos aminoácidos para os aquênios. Essa sensibilidade a baixa temperatura do ar não foi verificada para o M-734, pois o teor de proteína foi similar em todos cultivos. Ungaro et al. (1995) verificaram que a temperatura do ar também alterou os teores de proteína das cultivares IAC-Anhandy e VNIIMK.

Apenas o efeito do local do cultivo influenciou no teor de óleo (Tabela 18). O maior teor de óleo foi verificado em Coimbra com a semeadura em março. Apesar disso, os demais cultivos estão acima dos 37% de teor de óleo exigidos nos aquênios para comercialização nos Estados Unidos (Zheljzakov et al., 2011). Isso sugere que as cultivares avaliadas podem ser recomendadas, independentemente do local de cultivo, pois vão atender ao padrão estabelecido para comercialização dos aquênios.

A maior produtividade de aquênios, teor de óleo e massa de mil aquênios nos experimentos de Januária (março/2010) e Coimbra (março/2010) garantiram maior rendimento de óleo quando comparados com o experimento de Coimbra (maio/2010) (Tabela 16). O rendimento de óleo dos híbridos foi afetado no cultivo de Coimbra (março/2010). Isso possivelmente foi devido às condições de baixa temperatura do ar e luminosidade durante o período de enchimento dos aquênios, principalmente, para o M-734 e MG-02. A cultivar BR122-V2000 apresentou rendimento de óleo similar nos cultivos de Januária e Coimbra (março/2010). Isso indica que a semeadura em Coimbra deve ser antecipada para evitar ocorrências de baixas temperaturas do ar e menor luminosidade durante o enchimento dos aquênios. Por isso, caso haja o atraso na época da semeadura, deve-se dar preferência para cultivares de ciclo curto para evitar essa condição adversa.

A síntese do ácido graxo é feita pelo complexo enzimático ácido graxo sintase. Esse complexo multienzimático tem como função adicionar dois carbonos até completar 16 átomos de carbonos (Somerville e Browse, 1991). A síntese ácido graxo palmítico nas cultivares BR122-V2000 e MG-02 não foi alterada pelo local de cultivo (Tabela 19). Por sua vez, a M-734 apresentou o maior percentual desse ácido graxo em Coimbra (maio/2010) quando comparado com o de Januária. Por ser o complexo multienzimático, é provável que alterações na atividade das diferentes isoenzimas conforme a temperatura do ar proporcionem diferentes teores do ácido graxo palmítico durante a maturação dos aquênios. Esse maior percentual não é interessante para a indústria alimentícia, pois maior quantidade desse ácido graxo pode proporcionar aumento do colesterol-LDL (Lattenberg, 2009). O maior conteúdo do ácido graxo palmítico variou também quando houve atraso na época de semeadura para quatro híbridos na cidade de Newton, no Mississippi - E.U.A. (Zheljzakov

et al., 2010). Esses autores sugeriram que a temperatura do ar durante a maturação dos aquênios tenha sido responsável por essas alterações.

Tabela 19. Percentagem dos ácidos graxos palmítico, esteárico e total de ácidos graxos saturados como variáveis do local de cultivo e das cultivares. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Cultivares	Local/época de cultivo			Médias
	Januária março/2010	Coimbra março/2010	Coimbra maio/2010	
-----Ácido graxo palmítico (%)-----				
BR122-V2000	5,1 Aa	5,1 Aa	6,1 Aa	5,4
M-734	4,6 Ba	5,4 Aba	5,7 Ab	5,2
MG-02	5,1 Aa	5,0 Aa	6,0 Ab	5,4
Médias	4,9	5,2	5,9	
-----Ácido graxo esteárico (%)-----				
BR122-V2000	4,1	4,4	6,2	4,9 a
M-734	4,1	3,8	5,8	4,6 a
MG-02	4,1	3,9	5,9	4,6 a
Médias	4,1	4,1	6,0	
-----Total de ácidos graxos saturados (%)-----				
BR122-V2000	9,2 Ba	9,5 Ba	12,3 Aa	10,4
M-734	8,7 Ba	9,2 Ba	11,5 Aa	10,0
MG-02	9,2 Ba	8,9 Ba	11,9 Aa	9,8
Médias	9,1	9,2	11,9	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando local de cultivo e minúsculas comparando Cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A adição de mais dois carbonos ao ácido graxo palmítico dar origem ao esteárico. Essa alongação do ácido graxo palmítico para esteárico é feita pela enzima β -cetoacil sintase II que ocorre na forma de isoenzimas (Somerville e Browse, 1991). A reação seguinte, dessatura o ácido graxo esteárico em oleico (Somerville e Browse, 1991). É provável que o efeito da temperatura do ar de Coimbra na semeadura em maio/2010 durante a maturação dos aquênios tenha influenciado positivamente a alongação do ácido graxo palmítico em esteárico ou diminuído a dessaturação do esteárico em oleico. Por isso, o teor do ácido esteárico foi maior nesse local de cultivo (Tabela 19). Essa condição não dependeu da cultivar.

O maior teor de ácido graxo palmítico e esteárico resultou no incremento do total do teor dos ácidos graxos saturados em Coimbra com a semeadura em maio/2010 (Tabela 19). Isso é especialmente importante, pois poderia modificar o ponto de fusão e de ebulição pela maior proporção dos ácidos graxos saturados em relação aos insaturados (Reda et al., 2007). O atraso na semeadura também proporcionou o maior conteúdo do ácido esteárico, principalmente para o híbrido DKF 3875 no Mississippi - E.U.A. (Zeheljzakov et al., 2009).

A alongação do ácido graxo palmítico para esteárico é considerada uma fase crítica na síntese dos ácidos graxos insaturados, pois a partir desse ácido graxo a síntese do oleico. Por isso, a redução nos níveis da alongação do ácido graxo esteárico implica menor atividade da δ -9 dessaturase sobre a dessaturação do ácido graxo palmítico em oleico (Somerville e Browse, 1991).

A δ -9 dessaturase tem como função dessaturar o ácido graxo esteárico em oleico (Garcés, 1991). Em relação a essa dessaturação, no cultivo em Januária (março/2010), verificou-se que a BR122-V2000 e MG-02 apresentaram maior percentual de ácido graxo oleico em relação a cultivar M-734 (Tabela 20). As condições de cultivo nos locais não alteraram a percentagem de ácido graxo oleico no M-734 quando comparada com a BR122-V2000. Possivelmente, ocorrências de menores temperaturas do ar durante a maturação dos aquênios BR122-V2000 aumentaram o nível de oxigênio em seus tecidos. Conseqüentemente, houve maior atividade da enzima da oleoil dessaturase mais fosfatidilcolina na reação de desaturação do ácido oleico para linoleico (Rolletschek et al., 2007). Portanto, ocorrências de menores temperaturas do ar observadas em Coimbra com semeadura março e maio podem ter proporcionado maior teor de ácido linoleico para a cultivar BR122-V2000.

Tabela 20. Percentagem dos ácidos graxos oleico e linoleico como variáveis do local de cultivo e das cultivares. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Cultivares	Local/época de cultivo			Médias
	Januária março/2010	Coimbra março/2010	Coimbra maio/2010	
	-----Ácido graxo oleico (%)-----			
BR122-V2000	26,3 Aa	16,0 Bb	17,3 Bb	19,9
M-734	22,3 Ab	23,8 Aa	24,0 Aa	23,4
MG-02	25,2 Aa	23,5 Aa	19,8 Ab	22,4
Médias	24,6	21,1	20,4	
	-----Ácido graxo linoleico (%)-----			
BR122-V2000	65,1 Ab	73,5 Ba	70,3 Ba	69,6 a
M-734	68,9 Aa	66,9 Ab	65,0 ABb	66,9 b
MG-02	66,2 Ab	67,5 Ab	68,1 Ac	67,3 b
Médias	66,8 B	69,3 A	67,8 B	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando local de cultivo e minúsculas comparando Cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As cultivares M-734 e MG-02 não tiveram a composição do ácido graxo oleico e linoleico alterada com a temperatura do ar dos locais de cultivo (Tabela 20). Lagravère et al. (2004) sugeriram uma dessaturação específica para as cultivares com a capacidade de sintetizar maior teor de ácido graxo oleico, pois apresentavam ainda o teor de ácido graxo linoleico mínimo. Especificamente, essa capacidade de sintetizar maior teor de oleico nos

aquênios é atribuída à deficiência no sistema D12-dessaturase. Essa insuficiência do sistema impede que ácido graxo oleico seja dessaturado para linoleico. Segundo esses autores, é provável que a presença de uma via diferente da desaturação do ácido oleico em linoleico pela enzima oleoil dessaturase mais fosfatidilcolina esteja presente. Possivelmente, esse mecanismo esteja atuando na cultivar M-734 e MG-02 a ponto de evitar um decréscimo no teor ácido graxo oleico quando há alterações na temperatura do ar durante o enchimento dos aquênios.

A variação do ácido graxo oleico e linoleico nos aquênios do girassol determina a classificação das cultivares em convencional e alto oleico. Cultivares com a percentagem de ácido graxo linoleico no óleo variando de 48 a 74% são denominadas de convencionais. Por sua vez, cultivares com a composição entre 75 a 90% de ácido graxo oleico no óleo são classificadas como alto oleico (Codex Alimentarius Committee, 2011). No nosso trabalho, a cultivar BR122-V2000 apresentou teor de ácido graxo oleico variando de 16 a 25% e linoleico de 65 a 73% (Tabela 20). Essas variações permitem classificar a cultivar BR-122-V2000 como convencional, porém sensível às variações de temperatura do ar. Por outro lado, as cultivares MG-02 e M-734 são cultivares convencionais com menor sensibilidade à temperatura do ar. Werteker et al. (2010) verificaram teor de ácido graxo oleico variando de 16 a 37% e linoleico de 52 a 71% para variedade convencional. Nas cultivares alto oleico, Olbaril e Trisun, essa variação foi em torno de 90% e menos de 2% para o ácido graxo linoleico (Lagravère et al., 2004). E para cultivar convencional Santiago, variou de 32% de ácido graxo oleico e 51% de linoleico (Lagravère et al., 2004), e 20 a 21 % de ácido oleico e 64 a 65% para a cultivar tradicional AS-503 (Baydar et al., 2005).

Essas alterações na composição dos ácidos graxos da cultivar BR122-V2000 em Januária são interessantes. Isso indica que esse óleo poderia ser melhor aproveitado para fritura devido o maior teor de ácido graxo oleico (Jorge e Gonçalves, 1998). Por outro lado, alto teor de ácido graxo linoleico no óleo da BR 122-V2000 em Coimbra março/2010, poderia ser destinado à produção de margarina tipo soft (Mandarino, 2005).

As cultivares do presente trabalho apresentaram maior percentual de ácido graxo linoleico quando comparado com oleico (Tabela 20). Especificamente, para a cultivar BR122-V2000, essa percentagem dependeu mais da temperatura do ar. Esse resultado foi diferente do trabalho desenvolvido no leste da Áustria, pois o teor de ácido graxo linoleico variou mais sob efeito do fator genético que a variação da temperatura de 16 a 19°C (Werteker et al., 2010). A diferença entre esses resultados e o presente trabalho pode estar

relacionado à sensibilidade da variedade BR122-V2000 à temperatura do ar durante a síntese do ácido graxo oleico.

O maior percentual de ácido graxo oleico nos ácidos graxos insaturados incrementa a estabilidade oxidativa do óleo (Smith et al., 2007; Masuchi et al., 2008; Petersen et al., 2011). Essa estabilidade oxidativa depende também do total de ácido graxos insaturados em relação aos saturados nos aquênios. Nessa situação, observa-se que a cultivar M-734 quando cultivado em Januária apresentou menor estabilidade oxidativa do óleo para o mesmo total de ácidos graxos insaturados (Tabela 21). Isso caracteriza o menor teor de ácido graxo oleico no óleo.

Tabela 21. Percentagem total dos ácidos graxos insaturados e relação entre linoleico/oleico como variáveis do local de cultivo e das cultivares. Januária e Coimbra-MG, UFV, 2010

Cultivares	Local/época de cultivo			Médias
	Januária março/2010	Coimbra março/2010	Coimbra maio/2010	
	-----Total de ácidos graxos insaturados (%)-----			
BR122-V2000	91,5 Aa	89,5 Aba	87,6 Ba	89,5
M-734	91,2 Aa	90,7 Aba	89,1 Ba	90,3
MG-02	91,5 Aa	91,1 Aa	88,0 Ba	89,5
Médias	91,4	90,4	88,2	
	-----Linoleico oleico ⁻¹ -----			
BR122-V2000	2,6 Bb	4,6 Aa	4,1Aa	3,8 a
M-734	3,1 Aa	2,8 Ab	2,7 Ac	3,0 b
MG-02	2,7 Bb	2,9 Bb	3,4 Ab	2,9 b
Médias	2,8 B	3,4 A	3,4 A	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula comparando local de cultivo e minúsculas comparando Cultivares, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em Coimbra (março/2010), a cultivar M-734 e MG-02 apresentaram maior estabilidade oxidativa em relação a BR122-V2000 para o mesmo total de ácido graxo insaturados (Tabela 21). Por outro lado, em Coimbra (maio/2010), o óleo da cultivar MG-02 foi mais estável, seguido da M-734 e BR122-V2000. Conforme mencionado, a temperatura do ar e a cultivar são responsáveis por essas alterações (Lagravère et al., 2004; Baydar et al., 2005; Rolletschek et al., 2007; Werteker et al., 2010). Essa maior estabilidade oxidativa pode proporcionar maior período de armazenamento para o óleo do girassol desde que o percentual do ácido graxo oleico seja maior para o mesmo teor de ácidos graxos insaturados. Isso sugere que a escolha da cultivar assim como a época de semeadura pode resultar em melhora da qualidade do óleo de girassol.

4.6 Conclusões

As cultivares M-734 e MG-02 apresentaram maior produtividade de aquênios e rendimento de óleo em Januária. Nos cultivos de Coimbra, as cultivares apresentaram produtividade aquênios e rendimento de óleo similares. Menores temperaturas do ar no cultivo em Coimbra com semeadura em maio reduziram a produtividade de aquênios e o rendimento do óleo das cultivares.

A cultivar BR122-V2000 aumentou o conteúdo de proteína sem comprometer o teor de óleo quando temperatura do ar foi maior na fase de maturação. Essa cultivar dependeu de maiores temperatura do ar para sintetizar mais ácido graxo oleico.

A cultivar M-734 sintetizou maior teor de palmítico quando a temperatura do ar foi menor.

A síntese de oleico e linoleico na cultivar MG-02 não variou com as condições de cultivo.

A síntese do ácido graxo esteárico das cultivares não variou com alterações na temperatura do ar.

O cultivo em Januária com semeadura em março proporcionou maior teor de ácido graxo oleico. O maior percentual de ácido graxo linoleico foi verificado em Coimbra com semeadura em março.

Aplicação de B no solo não interferiu na produtividade de aquênios e óleo e nem na composição dos ácidos graxos quando o teor de B no solo atendeu a demanda da planta.

4.7 Referências

AGELE, S.O. Response of sunflower to weather variations in a tropical rainforest zone. **African Crop science Conference Proceedings**, v.6, p.1-8, 2003.

ALKIO, M.; GRIMM, E. Vascular connections between the receptacle and empty achenes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.54, p.345-348, 2003.

ALKIO, M.; SCHUBERT, A.; DIEPENBROCK, W.; GRIMM, E. Effect of source -sink ratio on seed set and filling in sunflower - *Helianthus annuus* L. **Plant, Cell and Environment**, v.26, p.1609–1619, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (Arlington, Estados Unidos). **Official methods of analysis**. Washington, DC, 1975. 1094p.

BAYDAR, H., ERBAS, S. Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids and total tocopherol contents in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Turkish Journal Agriculture and Forestry**, v.29, p.179-186, 2005.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília, Distrito Federal: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 398p. 2009.

BRASIL. Resolução n. 40, de 21 de março de 2001. Regulamento Técnico para Rotulagem Nutricional Obrigatória de Alimentos e Bebidas Embalados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 de março de 2001.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; MENEZES, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; FERNANDES, P.B. Aplicação simultânea de dessecantes e boro no manejo de Plantas daninhas e na nutrição mineral das culturas de soja e Girassol. **Planta Daninha**, v.24, p.797-804, 2006.

BUBECK, D.M., FEHR, W.R.; HAMMOND, E.G. Inheritance of palmitic and stearic acid mutants of soybean. **Crop Science**, v.29, p.652-56, 1989.

CAKMAK, I.; ROMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, v.193, p.71-83, 1997.

CHATTERJEE, C.; NAUTIYAL, N. Developmental aberrations in seeds of boron deficient sunflower and recovery. **Journal of plant nutrition**, v. 23, n.6, p.835-841, 2000.

CODEX ALIMENTARIUS COMMITTEE. **Codex Standard for Named Vegetable Oils**. Codex-Stan 210-1999. 2011. Disponível: <http://www.codexalimentarius.net>> Acesso em 20 jul. 2012.

FERREIRA, G.B.; FONTES, R.L.F.; FONTES, M.P.F., ALVAREZ V., V.H. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. **Revista Brasileira de Solos**, v.25, n.1, p.91-101, 2001.

FLAGELLA Z.; ROTUNNO, T.; TARANTINO, E.; DI CATERINA, R.; DE CARO, A. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. **European Journal of Agronomy**, v.17, p-221–230, 2002.

GARCÉS R, MANCHA M. In vitro oleate desaturase in developing sunflower seeds. **Phytochemistry**, v.30, p.2127–2130, 1991.

HEWEZI, T.; LÉGER, M.; KAYAL, W.E.; GENTZBITTEL. L. Transcriptional profiling of sunflower plants growing under low temperature reveals an extensive down-regulation of gene expression associated with chilling sensitivity. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.3109–3122, 2006.

HU, H.; BROWN, P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, v.193, p.49-58, 1997.

JORGE, N.; GONÇALVES, L.A.G. Comportamento do óleo de girassol com alto teor de ácido oleico em termoxidação e fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.3, 1998.

KALEEM, S.; UL-HASSAN, F.; MAHMOOD, I.; AHMAD, M.; ULLAH, R.; AHMAD, M. Response of sunflower to environmental disparity. **Nature and Science**, v.9, n.2, 2011. <http://www.sciencepub.net/nature>

KALEEM, S.; UL-HASSAN, F.; SALEEM A. Influence of environmental variations on physiological attributes of sunflower. **African Journal of Biotechnology**, v.8, n.15, p 3531-3539, 2009.

LAGRAVÈRE, T.; KLEIBER, D.; SUREL, O.; CALMON, A.; BERVILLÉ, A.; DAYDE, J. Comparison of Fatty Acid Metabolism of Two Oleic and One Conventional Sunflower Hybrids: A New Hypothesis. **Journal Agronomy e Crop Science**, v.190,p.223-229, 2004.

LATTENBERG, A.M. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros Endocrinologia e Metabologia**, v.53, n.5, p.595-608, 2009.

MANDARINO, J.M.C. Óleo de girassol como alimento funcional. In LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1 ed. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. Cap. 3, p. 43-48.

MASUCHI, M.H., CELEGHINI, R.M.S.; GONÇALVES, L.A.G.; GRIMALDI, R. Quantificação de TBHQ (Terc butil hidroquinona) e avaliação da estabilidade oxidativa em óleos de girassol comerciais. **Química Nova**, v.31, p.1053-1057, 2008.

MIRALLES, B.; VALERO, J.A.J.; OLALLA, F.M.S. Growth, development and yield of five sunflower hybrids. **European Journal of Agronomy**, v.6, p.47-59, 1997.

OYINLOLA, E. Y. Effect of boron fertilizer on yield and oil content of there sunflower cultivars in the Nigerian savanna. **Journal of Agronomy**, v.6, p.421:426, 2007.

PAUL, M.J.; LAWLOR, D.W.; DRISCOLL, S.P. The effect of temperature on photosynthesis and carbon fluxes in sunflower and rape. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.547-555, 1990

PAUL, M.J.; LAWLOR, D.W.; DRISCOLL, S.P. The effect of cooling on photosynthesis amounts of carbohydrate and assimilate export in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.845-852, 1991.

PETERSEN, K.D.; KLEEBERG, K.K.; JAHREIS, G.; FRITSCHÉ J. Assessment of the oxidative stability of conventional and high-oleic sunflower oil by means of solid-phase microextraction-gas chromatography. **International Journal Food Science Nutrition**, 2011, v.19.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002, 309p.

PIVETTA, L.G.; GUIMARAES, V.F.; FIOREZE, S.L.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, p.561-568, 2012.

QADIR, G.; AHMAD, S.; FAYYAZ-UL-HASSAN, CHEEMA, M. A. Oil and fatty acid accumulation in sunflower as influenced by temperature variation. **Pakistan Journal Botany**, v.38, p.1137-1147, 2006.

REDA, S.Y.; CARNEIRO, P.I.B. Óleos e gorduras - aplicações e implicações. **Revista Analytica**, n.27, 2007.

ROLLETSCHEK, H.; BORISJUK, L.; SÁNCHEZ-GARCIA, A.; GOTOR, C.; ROMERO, L. C.; MARTINEZ RIVAS, J.M.; MANCHA, M. Temperature-dependent endogenous oxygen concentration regulates microsomal oleate desaturase in developing sunflower seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p.3171–3181, 2007.

SIMS, D.A.; CHENG, W.; LUO, Y.; SEEMANN, J.R. Photosynthetic acclimation to elevated CO₂ in a sunflower canopy. **Journal of Experimental Botany**, v.50, p.645–653, 1999.

SMITH, S.A.; KING, R.E; MIN, D.B. Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. **Food Chemistry**, v.102, p.1208-1213, 2007.

SOMERVILLE, C.; BROWSE, J. Plant lipids: metabolism, mutants and membranes. **Science**, v.252, p.80-87, 1991.

SOUZA, A.; ARIAS, C.A.A.; OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, B.R. Selection of sunflower cultivars for boron efficiency using nutrient solution. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.125-132, 2003.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. 1990. **SAS User's guide**. 4. ed. Cary.

THOMAZ, G.L.; ZAGONEL, J.; COLASANTE, L.O.; NOGUEIRA, R.R. Produção do girassol e teor de óleo nas sementes em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Paraná. **Ciência Rural**, v.42, n.2, 2012.

UNGARO, M.R.G.; SENTELHAS, P.C.; TURATTI, J.M.; SOAVE, D. Influência da temperatura do ar na composição aquênios de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.351-356, 1995.

VILLALOBOS, F.J.; RITCHIE, J.T. The effect of temperature on leaf emergence rates of sunflower genotypes. **Field Crops Research**, v. 29, n. 1, p. 37-46, 1992.

VOGT, G.A.; BALBINOT JÚNIOR, A.A.; SOUZA, A.M. Divergência genética entre cultivares de girassol no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, v.11, n.4, p.307-315, 2010.

WERTEKER, M.; LORENZ, A.; JOHANNES, H.; BERGHOFER, E.; FINDLAY, C.S. Environmental and varietal influences on the fatty acid composition of rapeseed soybeans and sunflower. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.196, p. 20–27, 2010.

ZAHOOR, R.; BASRA, S.M.A.; NADEEM, M.A.; YOUSAF, S. Role of boron in improving assimilate partitioning and achene yield in sunflower. **Journal of Agriculture and Social Sciences**, v.7, p.49:55, 2011.

ZHELJAZKOV, V.D., VICK, B.A.; BALDWIN, B.S.; BUEHRING, N.; ASTATKIE, T.; JOHNSON, B. Oil content and saturated fatty acids in sunflower as a function of planting date nitrogen rate and hybrid. **Agronomy Journal**, v.101, p.1003-1011, 2009.

ZHELJAZKOV, V.D., VICK, B.A.; BALDWIN, B.S.; BUEHRING, N.; ASTATKIE, T.; JOHNSON, B. Oil productivity and composition of sunflower as a function of hybrid and planting date. **Industrial Crops and Products**, v.33, p.537–543, 2011.

5. Conclusões gerais

As doses de máxima eficiência técnica e econômica foram de 6,29 e 3,13 kg ha⁻¹ de B, respectivamente.

O nível crítico de B nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm do solo para obter a máxima eficiência econômica com a aplicação de B foi de 0,44 e de 0,43 mg dm⁻³ de B, respectivamente.

O nível crítico de B na folha índice com a dose de máxima eficiência econômica foi de 32,4 mg kg⁻¹ de B.

As doses de B não afetaram o teor de óleo, tão pouco a composição dos ácidos graxos palmítico, esteárico, oleico e linoleico.

A adubação com B aumentou o teor de K na folha índice no cultivo de Coimbra com semeadura março e maio, independentemente da cultivar.

A cultivar BR-122/V2000 apresentou maior teor de P na folha quando cultivada na presença da adubação com B. A média dos teores dos nutrientes na folha nos três experimentos seguiram a sequência decrescente para os macronutrientes K>N>Ca>Mg>P>S e para os micronutrientes Mn>Zn>B=Fe>Cu.

As cultivares M-734 e MG-02 apresentaram maior produtividade de aquênios em Januária. Nos cultivos de Coimbra, as cultivares apresentaram produtividade similares. Nesse local, a semeadura em maio reduziu a produtividade de aquênios das cultivares.

A cultivar BR122-V2000 aumentou o conteúdo de proteína sem comprometer o teor de óleo quando temperatura do ar foi maior na fase de maturação. Essa cultivar dependeu de maior temperatura do ar para sintetizar mais ácido graxo oleico.

A cultivar M-734 sintetizou maior teor de ácido graxo palmítico quando a temperatura do ar foi menor.

A síntese de ácidos graxos oleico e linoleico na cultivar MG-02 não variou com as condições de cultivo. A síntese do ácido graxo esteárico das cultivares não variou com alterações na temperatura do ar. O cultivo em Januária com semeadura em março proporcionou maior teor de ácido oleico. O maior percentual de ácido linoleico foi verificado em Coimbra com semeadura em março.