

Adução boratada residual na cultura do girassol

Residual borate fertilization in sunflower

Amanda Tavares da Silva¹, Marina Gabriela Marques¹, Anne Silva Martins¹, Aparecido Alves Serafim-Ferreira¹, Katiane Santiago Silva Benett¹, Cleiton Gredson Sabin Benett^{1*}

¹Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, Goiás, Brasil

*Autor correspondente. E-mail: cleiton.benett@gmail.com

Recebido: 11/08/2023; Aceito: 06/09/2023

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho analisar os efeitos da adução boratada residual na cultura do girassol. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 6, com quatro repetições. Sendo cinco estádios fenológicos e seis doses de boro, aplicados na cultura antecessora (soja), respectivamente. A aplicação do boro foi realizada na safra 2017/2018 na cultura da soja, e a semeadura do girassol foi realizada sobre a linha de semeadura da cultura da soja. Avaliou-se a concentração de boro foliar, índice relativo de clorofila, altura de plantas, diâmetro do caule, diâmetro do capítulo, número de aquênios por capítulo, massa de 1000 aquênios e produtividade. A aplicação da adubação boratada nos estádios fenológicos na cultura antecessora a cultura do girassol influenciou positivamente nos componentes de produção. A utilização de 2,20 kg ha⁻¹ de B incrementou no número de aquênios por capítulo. A produtividade da cultura de girassol submetida a adubação residual boratada, apresentou resultados positivos em função dos estádios fenológicos e doses de aplicação de boro na cultura antecessora.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., produtividade, nutrientes.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the effects of residual borate adduction in sunflower cultivation. The experimental design used was randomized blocks, in a 5 x 6 factorial scheme, with four replications. There are five phenological stages and six doses of boron, applied to the predecessor crop (soybeans), respectively. The application of boron was carried out in the 2017/2018 harvest in the soybean crop, and the sunflower sowing was carried out on the soybean crop sowing line. Leaf boron concentration, relative chlorophyll index, plant height, stem diameter, capitulum diameter, number of achenes per capitulum, mass of 1000 achenes and productivity were evaluated. The application of sludge fertilizer at the phenological stages in the predecessor crop to the sunflower crop positively influenced the production components. The use of 2.20 kg ha⁻¹ of B increased the number of achenes per chapter. The productivity of the sunflower crop subjected to borated residual fertilization showed positive results depending on the phenological stages and doses of boron application in the predecessor crop.

Keywords: *Helianthus annuus* L., productivity, nutrients.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta anual, oriunda do continente americano, atualmente cultivado em todo o mundo. É uma espécie produtora de grãos e forragem de fácil adaptação aos diferentes ambientes (LIRA et al., 2011). A importância da cultura está vinculada à qualidade do óleo extraído de suas sementes, o qual possui uma ampla gama de aplicações, incluindo a produção de biocombustíveis, seu potencial como fonte melífero, uso ornamental, propriedades farmacológicas e entre outros (GAZZOLA et al., 2012).

O potencial produtivo das culturas é expresso em virtude do ambiente em que se desenvolvem. Nesse contexto, é crucial que o ambiente não só forneça os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, mas também seja acompanhado por um manejo adequado, específico para cada tipo de cultura (GOMES et al., 2018). Essa abordagem garante um desenvolvimento saudável e otimizado das plantas, contribuindo assim para o seu máximo potencial de produção. Além disso, para expressar este potencial, é necessário que a planta receba suprimento adequado de água e nutrientes desde o início do seu desenvolvimento, principalmente a partir da emissão do botão floral, quando se inicia o maior crescimento, acompanhado de maior demanda por água e nutrientes (CAMPOS et al., 2015).

Quanto a fertilização da cultura, tem-se verificado que a planta do girassol tem capacidade de acumular grandes quantidades de macronutrientes, em virtude do seu sistema radicular, que proporciona maior exploração dos solos auxiliando assim no aproveitamento da fertilidade natural e das adubações dos cultivos anteriores. Essa característica permite a planta absorver nutrientes das camadas mais profundas do solo (CASTRO et al., 1996). No entanto, a movimentação do B no solo até o sistema radicular ocorre por fluxo de massa e somada a baixa fertilidade natural dos solos do cerrado, pode resultar na maior ocorrência de lixiviação e adsorção do micronutriente (BENTO et al., 2020).

Por ser uma cultura exigente em boro (B), a deficiência do micronutriente no solo constitui uma séria limitação para o seu desenvolvimento (STEINER; LANA, 2013). Sendo que o micronutriente é responsável pela translocação de açúcar, ânion e absorção de cátions, nitrogênio, fósforo, carboidratos; metabolismo lipídico; formação das paredes celulares; divisão celular, germinação do pólen e a frutificação, e responsável pelos parâmetros de produção da cultura (AL-AMERY et al., 2011). Ao mesmo tempo, o girassol é uma planta muito responsiva à aplicação de boro, podendo atingir produtividades mais elevadas a partir da aplicação de doses superiores a 1 kg ha⁻¹ de B (VIANA et al., 2012; SILVA et al., 2012).

SHEKHAWAT (2012) ao analisar os efeitos residuais de fontes de nitrogênio, níveis de enxofre e boro aplicados ao girassol sobre a produtividade de feijão mungo cultivado após a colheita de girassol, constatou resultado positivo nas concentrações disponíveis e absorção dos nutrientes, que refletiram em boa produtividade. O uso da adubação residual do boro para a cultura do girassol proveniente de cultivos de outras espécies anteriores, ainda é pouco conhecido embora muito se sabe sobre a importância do nutriente para a cultura, visto que a adubação com boro na cultura do girassol proporciona aumento no diâmetro de caule, número de folhas e massa de capítulo (SILVA et al., 2013). Diante da importância de estudos que auxiliem na compreensão da utilização da adubação boratada para a cultura do girassol, objetivou-se analisar os efeitos da adubação boratada residual na cultura do girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na safrinha do ano de 2018 na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, Campus Sul, localizada no município de Ipameri-GO, cujas coordenadas geográficas são 17° 43' 04" Sul, 48° 08' 43" Oeste e altitude de 794 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014) é definindo como clima tropical (Aw) constando estação seca no inverno. O solo da área experimental foi descrito como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico (SANTOS et al., 2013). As características químicas e físicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento e apresentaram os seguintes valores dos atributos químicos, na camada 0,0-0,20 para a safrinha do ano de 2017: 9,3 mg dm⁻³ de P (Melich); 17,1g dm⁻³ de M.O.; 6,20 de pH (CaCl₂); 0,26 K; 2,40 Ca; 0,90 Mg e 1,70 H+Al cmolc dm⁻³, respectivamente, 67,7% de saturação por bases e o teor de B médio foi de 0,20 mg dm⁻³, sendo considerado baixo no solo. No plantio da cultura da soja (cultura antecessora) o teor médio de B da área estava em 0,18 mg dm⁻³. Na análise granulométrica do solo foi de 475, 75 e 450 g de argila, silte e areia, respectivamente, sendo considerado um solo argilo arenoso.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 5 x 6, sendo cinco estádios fenológicos (Estádio V0 - no momento da semeadura; estágio V3- terceiro nó, segundo trifólio aberto; estágio V6 - sétima folha trifoliolada completamente aberta; estágio V9 - décima folha trifoliolada completamente aberta e estágio R1 - início do florescimento (FEHR e CAVINESS, 1977) e seis doses de boro (0, 1, 2, 3, 4 e 5 kg ha⁻¹), em quatro repetições. Os estádios fenológicos referem-se a cultura antecessora (Soja) cultivada na safra 2016/2017, ocasião na qual foi realizada a aplicação da adubação boratada nas dosagens descritas acima, de forma manual no solo, utilizando como fonte o ácido bórico (17%). A adubação de plantio foi utilizada como referência para o experimento para a cultura do girassol, na safrinha.

Cada parcela foi constituída de cinco linhas de cinco metros de comprimento, e espaçamento de 0,50 metros entre si, perfazendo uma área total de 12,5 m². A área útil foi constituída pelas plantas as quais constituem as três linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros em ambas as extremidades de cada linha.

O sistema de plantio direto foi utilizado, sobre a palhada de soja (*Glycine Max* L.), com semeadura do girassol realizada no dia 25/02/2018. Antes da semeadura foram realizadas aplicações de dessecação com os produtos químicos 2,4-D e Glifosato, nas dosagens de 0,3 L ha⁻¹ e 2,0 L ha⁻¹, respectivamente.

A semeadura do girassol na safrinha em 2018, foi realizada sobre a linha de semeadura da cultura da soja, cultivada na safra anterior, visando aproveitar o máximo do resíduo da adubação boratada utilizada na cultura da soja da safra de 2016/2017.

A adubação de semeadura da cultura do girassol foi realizada de acordo com a análise do solo utilizando 200 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-20-20 e na adubação de cobertura foram utilizadas 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio, utilizando como fonte a Ureia.

Os demais tratos culturais necessários durante a condução do experimento foram realizados de forma mecanizada, utilizando-se pulverizador tratorizado. Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas as seguintes avaliações:

a) Índice Relativo de Clorofila (IRC): Foi realizada a leitura indireta do teor de clorofila das folhas de girassol 70 dias após o plantio, utilizando-se o índice ICF, obtido com clorofilômetro portátil clorofiLOG CFL1030. Foram analisadas ao acaso cinco folhas de cada parcela, do terço médio da planta.

b) Concentração de boro foliar (CBF) (mg kg⁻¹): Foram coletadas cinco folhas de cada parcela, sendo a 4ª folha do ápice para base com pecíolo de cada planta no início do florescimento (R5) (RIBEIRO et al., 1999). A determinação do teor de boro foliar, seguiu-se os métodos descritos por MALAVOLTA et al., (1997).

Para os componentes da produção, foram amostradas cinco plantas da área útil de cada parcela, na colheita, e avaliadas no laboratório para determinação das seguintes variáveis:

a) Altura de planta (m): a altura de plantas medida com trena de fibra de vidro, em metros da base até a inserção do capítulo, de forma individual e aleatória, resultando assim na altura média de plantas por parcela.

b) Diâmetro do caule (mm): medida do caule à cinco cm da superfície do solo com auxílio de um paquímetro digital.

c) Diâmetro do capítulo (cm): média dos diâmetros dos capítulos com os grãos de cada parcela útil, obtido com o auxílio de uma trena métrica.

d) Massa do capítulo (g): média da massa fresca de cada capítulo da parcela útil, obtido com o auxílio de uma balança digital.

e) Número de grãos por capítulos: obtido através da contagem dos grãos de cada capítulo das plantas da área útil.

f) Massa de mil grãos (g): obtida pela pesagem direta de mil grãos com auxílio de balança de alta precisão.

g) Produtividade de grãos (kg ha^{-1}): determinada por meio da colheita e trilha das três linhas centrais. Para calcular a produtividade após a trilha, o teor de água dos grãos foi ajustado para 11% de umidade efetuando também os descontos das impurezas, sendo o resultado expresso em kg ha^{-1} .

Os dados foram submetidos a análise de variância avaliados separadamente e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os estádios fenológicos e, para as doses de B foram realizadas análise de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando o software R, versão 3.1.2 (R CORE TEAM, 2015).

RESULTADOS

A distribuição de chuvas no período de condução do trabalho se fez de forma desuniforme, com maior precipitação no mês de abril (43,60 mm). O índice pluviométrico dos demais meses se manteve abaixo, porém sem maiores danos ao desenvolvimento da cultura do girassol. A temperatura média diária foi de 24°C durante o período, conforme a Figura 1.

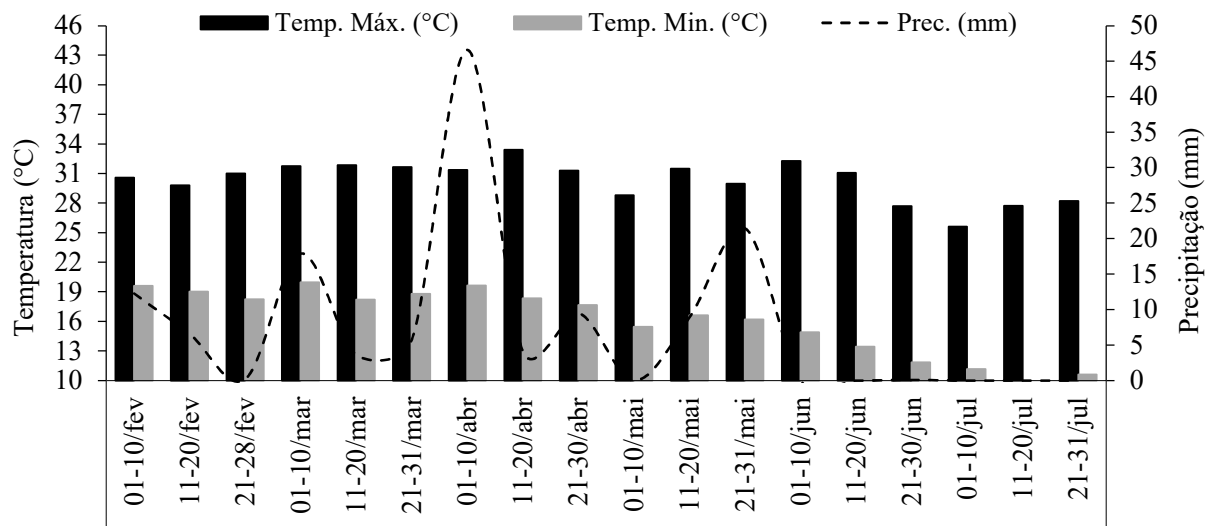


Figura 1. Valores de temperatura máxima e mínima e precipitação na Universidade Estadual de Goiás, unidade universitária de Ipameri no período da safra de 2018.

Observa-se que a concentração de boro foliar (CBF) foi estatisticamente significativa para os estádios de aplicação. As variáveis índice relativo de clorofila (IRC), altura de plantas (ALTP), diâmetro do caule (DIC), diâmetro do capítulo (DIAC) e massa do capítulo (MCAP) não apresentaram diferença estatística para os estádios e doses de aplicação (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração de boro foliar (CBF), índice relativo de clorofila (IRC), altura de plantas (ALTP), diâmetro do caule (DIC), diâmetro do capítulo (DIAC) e massa do capítulo (MCAP) em plantas de girassol em função da adubação residual de doses de boro (0, 1, 2, 3, 4, e 5 kg ha⁻¹) e estádios de aplicação (V0, V3, V6 V9 e R1) na cultura da soja, Ipameri-GO, 2018.

Tratamentos	CBF	IRC	ALTP	DIC	DIAC	MCAP
	mg kg ⁻¹	ICF	m	mm	mm	g
Estádios fenológicos da cultura antecessora (soja)						
V0	55,03 a	36,51 a	1,82 a	24,55 a	16,75 a	200,36 a
V3	50,81 a	37,06 a	1,80 a	24,93 a	16,23 a	188,98 a
V6	56,86 a	36,21 a	1,81 a	24,83 a	17,68 a	193,13 a
V9	57,76 a	36,42 a	1,83 a	24,26 a	16,51 a	191,07 a
R1	37,23 b	37,14 a	1,84 a	23,81 a	16,16 a	188,05 a
Doses de B (kg ha ⁻¹) na cultura antecessora (soja)						
0	53,28a	36,88a	1,84a	23,05a	16,73a	212,80a
1	34,34a	36,90a	1,83a	26,30a	16,24a	192,00a
2	28,10a	36,48a	1,79a	25,03a	16,41a	185,85a
3	43,47a	36,57a	1,81a	23,23a	16,05a	181,67a
4	34,77a	36,15a	1,82a	24,56a	16,60a	199,85a
5	29,40a	37,03a	1,83a	24,67a	17,98a	181,74a
Valor de F						
Estádios (A)	12,75*	1,58 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,85 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Doses de boro (B)	1,91 ^{ns}	0,85 ^{ns}	2,12 ^{ns}	2,60 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,88 ^{ns}
A x B	2,92 ^{ns}	1,16 ^{ns}	2,08 ^{ns}	2,55 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,25 ^{ns}
CV (%)	22,45	4,34	2,98	8,58	13,22	30,18

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *= Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

A CBF apresentou diferenças significativa apenas para as diferentes épocas de aplicação, sendo que a menor concentração de boro foliar foi observada nas plantas cultivadas sob o resíduo da adubação no estágio R1 da cultura da soja (37,23 mg kg⁻¹) (Tabela 1).

A adubação do boro residual não apresentou efeito significativo para épocas e doses para o índice relativo de clorofila, na qual as médias não diferiram estatisticamente, com valores entre 36,15 e 37,14 ICF (Tabela 1). Também não houve interação significativa entre épocas e doses de aplicação.

Quando se avaliou a variável ALTP, a adubação residual do B não apresentou diferença estatística em relação as épocas de aplicação e doses de boro, com médias entre 1,79 e 1,84 m, e também para a interação (Tabela 1).

Tanto para épocas de aplicação quanto para doses de boro a adubação residual com B não influenciou no DIAC, sendo que os diâmetros encontrados ficaram entre 23,81 e 24,93 mm (Tabela 1). O DIAC e a MCAP não apresentaram resultados significativos para a adubação residual, as médias não apresentaram diferença estatística

para épocas e doses de aplicação, e os valores encontrados ficaram entre 16,05 e 17,98 cm (Tabela 1) e entre 181,74 e 212,80 gramas (Tabela 1), para DIAC e MCAP respectivamente.

Observa-se que houve interação significativa entre épocas e doses de aplicação de boro para as características número de aquênios por capítulo (NAC) e produtividade (PROD). Já para a massa de 1000 aquênios não apresentou resultados significativos para épocas de aplicação e doses de boro.

Tabela 2. Número de aquênios por capítulo (NAC), massa de 1000 aquênios (M1000) e produtividade (PROD) do girassol função da adubação residual de doses de boro (0, 1, 2, 3, 4, e 5 kg ha⁻¹) e estádios de aplicação (V0, V3, V6 V9 e R1) na cultura da soja, Ipameri-GO, 2018.

Tratamentos	NAC	M1000	PROD
	---	g	kg ha ⁻¹
Estádios fenológicos da cultura antecessora (soja)			
V0	--- ⁽²⁾	111,1 a	2864 ab
V3	---	114,4 a	2577 b
V6	---	110,0 a	2943 ab
V9	---	110,0 a	2648 ab
R1	---	117,4 a	3051 a
Doses de B (kg ha ⁻¹) na cultura antecessora (soja)			
0	--- ⁽²⁾	120,0	--- ⁽¹⁾
1	---	111,9	---
2	---	110,2	---
3	---	108,0	---
4	---	110,6	---
5	---	114,6	---
Valor de F			
Estádios fenológicos (A)	1,68*	1,08 ^{ns}	3,09*
Doses de boro (B)	4,18*	1,53 ^{ns}	2,97*
A x B	2,13*	1,40 ^{ns}	2,64 ^{ns}
CV (%)	26,49	13,59	19,68

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *= Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo; (1) = Regressão significativa para efeito de doses; (2) = Interação entre estádios fenológicos e doses.

O número de aquênios por capítulo apresentou interação significativa entre as doses de boro e estádios fenológicos (Tabela 2). Os dados se ajustaram a regressão quadrática para o estágio V0, com ponto de máxima em 2,20 kg ha⁻¹ de boro (1379,3) e para os estádios V6 e R1 os dados se ajustaram a regressão linear crescente, conforme ocorreu o aumento das doses de boro (Figura 2).

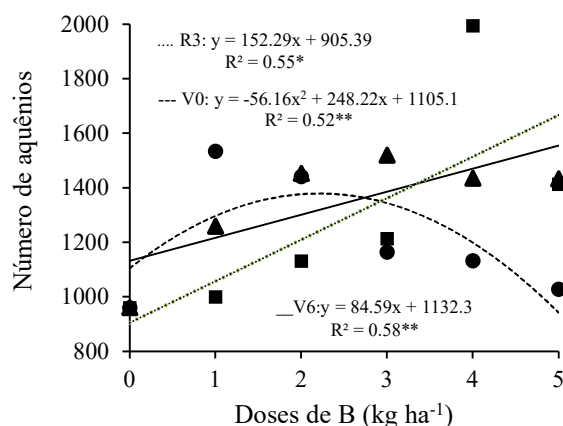


Figura 2. Número de aquênios por capítulo da cultura do girassol em função da adubação residual de doses de boro e estádios fenológicos de aplicação na cultura da soja, Ipameri-GO, 2018.

Em relação aos estádios de aplicação, observa-se que a aplicação no estágio R1 apresentou maior valor de produtividade (3051 kg ha^{-1}), mas não diferiu estatisticamente com aplicações nos estádios V0, V6 e V9 (Tabela 2). O menor ganho de produtividade foi observado com aplicação no estágio V3 (2577 kg ha^{-1}), não diferindo estatisticamente da produtividade encontrada com aplicação nos estádios V0, V6 e V9 (Tabela 2). Para as doses de boro os resultados se ajustaram a regressão linear crescente (Figura 3), isso mostra o potencial que as plantas tem em utilizar o nutriente quando o mesmo está abaixo do valor adequado no solo.

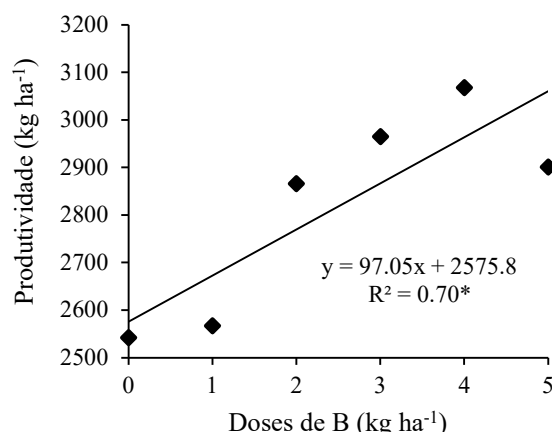


Figura 3. Produtividade da cultura de girassol em função da adubação residual de doses de boro e estádios fenológicos de aplicação na cultura da soja, Ipameri-GO, 2018.

DISCUSSÃO

Rashid e Rafique (2005), observaram ao avaliar girassol cultivar Hysum 33 cultivada em casa de vegetação, utilizando como fonte o ácido bórico, que a faixa de concentração crítica de boro na folha para a cultura do girassol está situada no intervalo de 46 a 60 mg kg^{-1} de boro. Castro e Oliveira (2005), ainda ressaltam que os altos valores para a concentração de boro nas folhas, podem ser relacionados ao manejo da irrigação e a alta disponibilidade do mesmo no solo. Fatores estes, que não foram observados no presente estudo, visto que a cultura não utilizou recursos de irrigação e o teor de boro geral encontrado no solo antes da instalação do experimento era classificado como baixo. No entanto, a maior concentração de boro nas folhas das plantas cultivadas sob a aplicação nos estádios V6 e V9 (Tabela 1), pode ser um indicativo que estas são eficientes em acumular o excedente

de boro em suas estruturas vegetativas (CAPONE et al., 2016). Alves et al. (2017) analisaram as concentrações de B nos capítulos, lâminas foliares, pecíolo, caule, raízes e grãos de plantas de girassol e observaram maiores valores nos limbos, seguidos dos capítulos em diferentes genótipos. Estes atribuíram esse fato ao transporte à longa distância, das raízes até o capítulo, pela exigência nutricional do desenvolvimento do tubo polínico.

Quanto ao índice relativo de clorofila não houve diferença significativa, no entanto, Hajiboland e Bastani, (2012) ressalta que o suprimento adequado de boro favorece o aumento no teor de clorofila, o que promove efeitos positivos no processo de fotossíntese das plantas.

Os resultados encontrados para a característica altura de plantas corroboram com os obtidos por Euba Neto et al. (2014) uma vez que também obtiveram diferenças significativas para a variável, em relação às doses de boro, ao avaliarem a influência de doses de boro, em distintas classes de solos do Estado da Paraíba, no desenvolvimento do girassol cultivar Hélio 863, utilizando como fonte o ácido bórico, aplicado em solução. No entanto, ressalta-se que o crescimento e desenvolvimento da planta de girassol é altamente condicionado pela disponibilidade de boro (SANTOS et al., 2010), sendo importante para regulação da produção do hormônio auxina responsável pelo alongamento e crescimento das mesmas (TAIZ e ZEIGER, 1991).

Resultados diferentes foram observados por Lima et al. (2013) em relação ao diâmetro do caule em função das doses de B, utilizando como fonte o ácido bórico, aplicado de maneira convencional na base. A dose de boro de 3 kg ha⁻¹ maximizou o diâmetro do caule, obtendo-se valor diâmetro de 17,35 mm, valores estes que são inferiores aos encontrados no presente estudo.

Os resultados encontrados para o diâmetro do capítulo, diferem com os de Marcondes et al. (2019), que observaram ajuste a regressão linear, na qual a dose máxima (4,0 kg ha⁻¹) apresentou incremento de 16,5 % em relação ao tratamento controle, ressaltando que o diâmetro do capítulo não é a única característica que define a produtividade da cultura do girassol. Capone et al., (2016) notaram aumento no diâmetro do capítulo até aproximadamente 3 kg ha⁻¹ de B. Segundo afirma Souza et al. (2015), para a cultura do girassol, o diâmetro do capítulo é uma característica imprescindível nos componentes de produção, uma vez que proporciona maior número de grãos e grãos maiores.

Diversos autores têm demonstrado o efeito benéfico da aplicação de B em determinados genótipos de girassol (KRUDNAK et al., 2013; MEKKI, 2015). Alves et al. (2017), ao analisarem diferentes genótipos de girassol com e sem adubação de boro, constataram que estes apresentavam maior produção de aquênios e óleo na presença do micronutriente. A resposta da característica às diferentes doses de boro, pode estar associada a participação do boro na formação do tubo polínico durante o processo de florescimento e formação das sementes, podendo estar relacionado a maior fecundação durante a floração promovida por a fertilização com boro (ALVES et al., 2020), refletindo no número de aquênios por capítulo.

Os resultados para massa de 1000 aquênios corroboram com os apresentados por Lima et al., (2013), que também não relataram influência da aplicação de boro na variável analisada. Calonego et al. (2010) afirmam que para a cultura da soja a aplicação foliar de boro não altera a massa de 100 grãos. Capone et al. (2016), verificaram que em plantas de girassol com menor diâmetro de capítulo geram aquênios menores, porém mais densos, o que não foi observado no presente trabalho. O boro está ligado a estabilidade da parede celular, no crescimento dos meristemas apicais e na permeabilidade das membranas celulares, por isso sua deficiência causa forte comprometimento do crescimento da planta. Essas características, acarretam baixo desempenho fotossintético, o que provavelmente prejudicou os processos que influenciaram a formação e o enchimento de grãos do girassol, no presente estudo (FERREIRA, 2012).

A cultura do girassol é muito responsiva à aplicação de boro, podendo atingir produtividades mais elevadas a partir da aplicação de doses superiores a 1 kg ha⁻¹ de B (VIANA et al., 2012). Foi possível observar que

o aumento das doses de boro promoveu acréscimos na produtividade da cultura (Figura 3), quando aplicadas nos estádios V6 e R1. Cunha et al., (2021) relataram que a dose de 4,0 kg ha⁻¹ de boro obteve resultados maximizados relacionados a produtividade e o potencial de produção de óleo na cultura do girassol, assim destacando a eficiência da utilização da adubação residual com boro, para o cultivo.

Tornando-se a escolha certa da nutrição mineral para a cultura do girassol um fator inteiramente atrelado com a sua máxima produtividade de aquênios (FREITAS et al., 2021), sendo que condições de deficiência, pode causar diversos distúrbios fisiológicos como, por exemplo, a inibição a elongação das raízes devido a problemas na divisão celular e elongação das células, tornando-as grossas e com as pontas necróticas.

Diante dos resultados, podemos observar a importância da aplicação do nutriente na cultura antecessora, onde o resíduo do nutriente tem participação na cultura sucessora de segunda safra, fornecendo assim, o nutriente disponível para as plantas sem a necessidade de realizar a aplicação, alcançando resultados satisfatórios.

CONCLUSÃO

A aplicação da adubação boratada nos estádios fenológicos na cultura antecessora a cultura do girassol influenciou positivamente nos componentes de produção.

A utilização de 2,20 kg ha⁻¹ de B incrementou no número de aquênios por capítulo.

A produtividade da cultura de girassol submetida a adubação residual boratada, apresentou resultados positivos em função dos estádios fenológicos e doses de aplicação de boro na cultura antecessora.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, pelo apoio na instalação do projeto e pela concessão de bolsa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Nível Mestrado. Ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Fitotecnia (GEPFi) pela condução do projeto.

REFERÊNCIAS

- AL-AMERY, M. M.; HAMZA, J. H.; FULLER, M. P. Effect of boron foliar application on reproductive growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **International Journal of Agronomy**, v. 2011, p.1-5, 2011.
- ALVES, L.S.; MORAIS, L.G.; MAUAD, M.; BRITO, D.D.M.C.D.; SANTOS, A.M.D.; CASTRO, R.N.; SOUZA, S.R.D. Grain production fatty acid and oil profile from sunflower cultivars receiving different boron doses. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 4, p. 1185-1192, 2020.
- ALVES, L.S.; STARK, E.M.L.M.; ZONTA, E.; FERNANDES, M.S.; SANTOS, A.M.D.; SOUZA, S.R. Different nitrogen and boron levels influence the grain production and oil content of a sunflower cultivar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 1, p. 59- 66, 2017.
- BENTO, K.F.; CARNIEL, E.; RAIMUNDO, C.B.; ROCHA, R.R.; SCHONINGER, E.L. Availability of boron in clayey and sandy soil due to the application of different borated sources in soybean cultivation. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 11, p. 51-55, 2022.
- CALONEGO, J.C.; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C.H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n. 2, p. 20-26, 2010.

CAMPOS, V.B.; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.O.C. Adubação com NPK e irrigação do girassol em Luvisolo: Comportamento vegetativo. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 221-233, 2015.

CAPONE, A.; DORIO, A.S.; MENEGON, M.Z.; FIDELIS, R.R.; BARROS, H.B. Efeito de épocas de semeadura de girassol na safrinha, em sucessão à soja no Cerrado Tocantinense. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 102-109, 2016.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.317-365.

CASTRO, C.D.E.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.D.E.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1996. 38p. (Circular técnica 13).

CUNHA, L.S.; DUARTE JÚNIOR, J.B.; SHIMADA, B.S.; SIMON, M.V. Efeito da aplicação de boro na produtividade do girassol. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 10-10, 2021.

EUBA NETO, M.; FRAGA, V.D.S.; DIAS, B.D.O.; SOUTO, J.S. Efeito de doses de boro no crescimento vegetativo de girassol em diferentes classes de solos. **Revista Ceres**, v. 61, n. 3, p. 399-405, 2014.

FEHR, W.R.; CAVINES S, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, Special Report, 80. 1977. 11p.

FERREIRA, M.M.M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 1, p. 74-83, 2012.

FREITAS, G.Q.; TEIXEIRA, M.B.; CABRAL FILHO, F.R.; CUNHA, F.N.; SILVA, N.F.; FAVARETO, R.; ALVES, D.K.M.; SOARES, F.A.L.; VIDAL, V.M. Cultivo de girassol em diferentes condições de adubação orgânica e mineral. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**. v. 10, n. 6, p. e1010615395, 2021.

GAZZOLA, A.; FERREIRA JÚNIOR, C.T.G.; CUNHA, D.A.; BORTOLINI, E.; PAIAO, G.D.; PRIMIANO, I.V.; CAMARA, G. **"A cultura do girassol."** Piracicaba-SP, 2012. Disponível em: <https://www.bibliotecaagritea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/A%20CULTURA%20DO%20GIRASSOL.pdf>.

GOMES, K.R.; SOUSA, G.D.; VIANA, T.D.A.; COSTA, F.R.B.; AZEVEDO, B.D.; SALES, J.D.S. Influência da irrigação e da adubação com fertilizante orgânico e mineral na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 2, p. 2529-2541, 2018.

HAJIBOLAND, R.; BASTANI, S. Tolerance to water stress in boron-deficient tea (*Camellia 929 sinensis*) plants. **Folia Horticulturae**, v. 24, n. 1, p. 41-51, 2012.

KRUDNAK, A.; WONPRASAID, S.; MACHIKOWA, T. Boron affects pollen viability and seed set in sunflowers. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 2, p. 162-166, 2013.

LIMA, A.D.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; MARINHO, A.B.; DUARTE, J.M.L. Adubação borácica na cultura do girassol. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 269–276, 2013.

LIRA, M.A.; CARVALHO, H.W.L.; CHAGAS, M.C.M.; DANTAS, J.A.; LIMA, J.M.P. Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino. **EMPARN: (Documentos, 40)**, Natal, p. 40, 2011.

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

MARCONDES, D.R.P.; MELO, S.P.; ALVES, L.V.F.V.; MORAES, M.F. Disponibilidade de boro e características do girassol influenciadas pela adubação boratada. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 2, n. 4, p. 52-62, 2019.

MEKKI, B.E.D. Effect of boron foliar application on yield and quality of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 5, p. 5309-316, 2015.

R CORE TEAM: R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RASHID, A.; RAFIQUE, E. Internal boron requirement of young sunflower plants: Proposed diagnostic criteria. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, p. 2113-2119, 2005.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES, V.H.V. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, p. 359, 1999.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. revista e ampliada. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, L.G.; SOUZA, U.O.; PRIMO, D.C.; SILVA, P.C.C.; SANTOS, A.R. Fósforo e boro na produção de grãos e óleo no girassol. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. v. 6, n. 11, p. 1-8. 2010.

SHEKHAWAT, K.; SINGH, Y.S. Residual effects of nitrogen sources, sulfur and boron levels on mungbean (*Vigna radiata*) in a sunflower (*Helianthus annuus*)–mungbean system. **ShivayArchives of Agronomy and Soil Science**, v. 58, n. 7, p. 765-776, 2012.

SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, v. 193, p. 121-148, 1997.

SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C.A.S.; FILHO, J.V.P.; ANDRADE, R.R.; FEITOSA, D.R.C. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 959–968, 2012.

SILVA, D.D.; MESQUITA, G.M.; SOUZA, L.C.; CORREA, T.C. Boro Aplicado Simultaneamente A Dessecação No Cultivo Do Girassol. **Global Science and Technology**, v. 6, n. 3, p.57-66, 2013.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, V.B.R. O boro na cultura girasol. **Semina: Ciência Agrárias**, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004.

SOUZA, F.R.; SILVA, I.M.; PELLIN, D.M.P.; BERGAMIN, A.C.; SILVA, R.P. Características agronômicas do cultivo de girassol consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 110-116, 2015.

STEINER, F.; LANA, M. do C. Effect of pH on bo-ron adsorption in some soils of Paraná, Brazil. **Chile-an journal of agricultural research**, v. 73, n. 2, p. 181-186, 2013.

TAHIR, M.; ASHRAF, S.; IBRAHIM, M. Effect of foliar application of boron on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Crop end Environment**, v. 4, n. 1, p. 23-27, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Mineral nutrition. In: TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Plant physiology**. Califórnia: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. cap. 5, p. 100-119.

VIANA, V.A.; LIMA, A.D.; MARINHO, A.B.; DUARTE, J.M.L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S.C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do Girassol, sob condições semiáridas. **Irriga Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.