

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

USO DE FONTES E DOSES DE BORO NA CULTURA DO TOMATE
INDUSTRIAL IRRIGADO

Autor: Rafael Matias da Silva
Orientador: Prof. Dr. Wilian Henrique Diniz Buso
Coorientador: Prof. Dr. Roriz Luciano Machado

CERES - GO
Julho – 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

USO DE FONTES E DOSES DE BORO NA CULTURA DO TOMATE
INDUSTRIAL IRRIGADO

Autor: Rafael Matias da Silva
Orientador: Prof. Dr. Wilian Henrique Diniz Buso
Coorientador: Prof. Dr. Roriz Luciano Machado

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração Irrigação.

Ceres - GO
Julho– 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SSI586
u Silva, Rafael Matias da
 Uso de fontes e doses de boro na cultura do
tomate industrial irrigado / Rafael Matias da
Silva; orientador Dr. Wilian Henrique Diniz Buso ; co-
orientador Dr. Roriz Luciano Machado . -- Ceres,
2019.
 67 p.

Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) --
Instituto Federal Goiano, Campus
Ceres, 2019.

1. Solanum lycopersicum L.. 2. produtividade. 3.
ácido bórico. 4. bórax. 5. ulexita. I. , Dr. Wilian
Henrique Diniz Buso, orient. II. , Dr. Roriz Luciano
Machado, co-orient. III. Título.

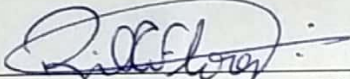
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

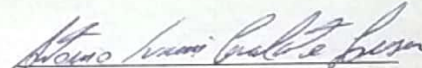
USO DE FONTES E DOSES DE BORO NA CULTURA DO TOMATE
INDUSTRIAL IRRIGADO

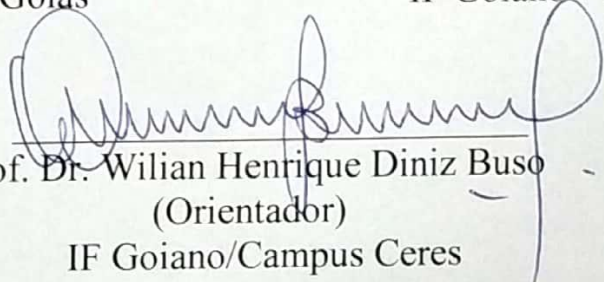
Autor: Rafael Matias da Silva
Orientador: Prof. Dr. Wilian Henrique Diniz Buso
Coorientador: Roriz Luciano Machado

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração
Irrigação

APROVADA em 31 de julho de 2019.


Prof. Dr. Rilner Alves Flores
Avaliador externo
Universidade Federal de Goiás


Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa
Avaliador interno
IF Goiano - Campus Ceres


Prof. Dr. Wilian Henrique Diniz Buso
(Orientador)
IF Goiano/Campus Ceres

A Deus,
À minha família,
Aos meus amigos e professores,

OFEREÇO

A meu pai José João Matias Barbosa, minha mãe Rosimeire Maria da Silva
Barbosa e meu irmão Caio Cesar da Silva Barbosa, que sempre me incentivaram e me
apoiaram a realizar todos os meus sonhos,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que sempre me deu sabedoria para enfrentar de cabeça erguida todos os obstáculos que encontrei por toda essa caminhada.

Aos meus pais José João e Rosimeire Maria e meu irmão Caio Cesar, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado em todas as minhas decisões e minhas escolhas.

Aos meus avós Gilda Maria e Altamiro Francisco (*in memoriam*), pelo carinho, compreensão, apoio e por estarem a meu lado sempre que precisei.

À empresa Limagrain Brasil S.A, em especial a Thais Antônia Martins e Cynthia Maria Vieira, por todo apoio, paciência e compreensão durante esses dois anos.

A todos os meus amigos, em especial Tarcísio Borges, Aline Fernandes e Patrícia Borges, por toda ajuda durante as etapas do trabalho, pelo companheirismo, compreensão e por estarem sempre do meu lado.

A todos os alunos do IF goiano – Campus Ceres, que me auxiliaram durante a instalação e colheita dos experimentos.

Ao meu orientador, professor Dr. Wilian Henrique Diniz Buso, pela excelente orientação, compreensão, por nunca medir esforços para me auxiliar neste trabalho e por me repassar um pouco de todo o seu conhecimento.

A todos os professores que contribuíram durante esses dois anos, repassando seus amplos conhecimentos.

BIOGRAFIA DO AUTOR

RAFAEL MATIAS DA SILVA, filho de José João Matias Barbosa e Rosimeire Maria da Silva Barbosa, nasceu em 12 de agosto de 1993 em Goianésia – GO. Em 2012, ingressou no curso de Bacharelado em Agronomia da Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, tendo recebido em agosto de 2017 o título de Bacharel em Agronomia. Em 2017, iniciou o curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, Área de concentração Irrigação. Atualmente trabalha na empresa Limagrain Brasil S.A. em Goianésia – GO.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	1
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I: Considerações iniciais	5
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Histórico e Morfologia do Tomate.....	7
2.3. Aspectos econômicos do tomateiro.....	8
2.4. Temperatura	9
2.5. Irrigação na cultura do tomateiro	10
2.6. Importância do boro para as plantas	12
2.7. Boro no solo.....	14
3. OBJETIVOS	16
3.1 Geral.....	16
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO II – Uso de fontes e doses de boro na cultura do tomate industrial irrigado	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1.1. INTRODUÇÃO	29
1.2. MATERIAL E MÉTODOS	31
1.2.1. Área experimental I.....	33
1.2.2. Área experimental II.....	34
1.2.3. Manejo de Irrigação.....	35
1.2.4. Características avaliadas	45
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
1.4. CONCLUSÕES	50
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO II	
Tabela 1. Características químicas e físicas de solo (0-20 cm) da Área experimental (AE I) e Área experimental II (AE II). 2018.....	32
Tabela 2. Resumo da ANOVA com valores e significância de quadrado médio para os efeitos do local, fontes de boro e doses e as interações local x fontes, local x doses, fontes x doses e local x fontes de boro x doses para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de ramos laterais por planta (NRLP), número de frutos maduros por planta (NFMP) e número de frutos verdes por planta (NFVP), abril a agosto de 2018	38
Tabela 3. Altura de planta, diâmetro do caule (DC), número de ramos laterais por planta (NRLP), número de frutos totais por planta (NFTP), número de frutos maduros por planta (NFMP) e número de frutos verdes por planta (NFVP), da cultura do tomateiro industrial, em diferentes locais, fontes e doses de boro, abril a agosto de 2018	39
Tabela 4. Número de frutos verdes por planta (NFVP) do tomateiro para processamento industrial em função de diferentes locais e fontes de boro, independente da dose aplicada, abril a agosto de 2018.....	40
Tabela 5. Número de frutos maduros por planta (NFMP) do tomateiro para processamento industrial em função de diferentes fontes e doses de boro, independente do local, abril a agosto de 2018	42
Tabela 6. Resumo da ANOVA com valores e significância de quadrado médio para os efeitos do local, fontes de boro e doses e as interações local x fontes, local x doses, fontes x doses e local x fontes de boro x doses para as variáveis diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal de frutos, sólidos solúveis totais (°BRIX), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e produtividade (PROD).....	44
Tabela 7. Diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal de frutos (DTF), teor de sólidos solúveis totais (°BRIX), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e produtividade (PROD) da cultura do tomateiro industrial sob diferentes locais fontes e doses de boro, abril a agosto de 2018.....	44
Tabela 8. Potencial hidrogeniônico (pH) do tomateiro para processamento industrial em função de diferentes locais e fontes de boro, independente das doses, abril a agosto de 2018.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO II

Figura 1. Áreas experimentais. A- Goianésia (GO); B- Vila propício (GO).....	31
Figura 2. Valores de temperatura máxima, média e mínima e umidade relativa do ar (%) da estação meteorológica localizada no município de Goianésia – GO.....	31
Figura 3. Irrigação nas áreas experimentais	33
Figura 4. Implantação e distribuição das fontes e doses de Boro	33
Figura 5. Transplântio (A) e colheita (B) na área experimental I.....	34
Figura 6. Colheita na área experimental II	34
Figura 7. Refratômetro para leitura do °BRIX° (A) e Acidez titulável, em laboratório (B)	37
Figura 8. Número de frutos totais por planta (NFTP) em função da aplicação de doses boro, independente do local e fontes.....	41
Figura 9. Número de frutos maduros por planta (NFMP) recebendo aplicação de três fontes de boro, independente do local.....	43
Figura 10. Teor de sólidos solúveis totais (°BRIX) em função da aplicação de doses boro, independente do local e fontes.....	47
Figura 11. Produtividade (kg ha^{-1}) em função da aplicação de doses boro, independente do local e fontes	48

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade de Medida
AE I	Área experimental I (Goianésia)	
AE II	Área experimental II (Vila Propício)	
B	Boro	
P	Fósforo	cmolc kg ⁻¹
Na ⁺	Sódio	cmolc kg ⁻¹
Ca ⁺²	Cálcio	cmolc kg ⁻¹
Mg ⁺²	Magnésio	cmolc kg ⁻¹
CO ₂	Dióxido de Carbono	
DTA	Dias após Transplântio	
AP	Altura de Plantas	m
DC	Diâmetro do colmo	mm
NTFP	Número total de frutos por planta	
NTFM	Número total de frutos maduros por planta	
NTFVP	Número total de frutos verdes por planta	
NRL	Número de ramos laterais	
DLF	Diâmetro longitudinal de frutos	mm
DTF	Diâmetro transversal de frutos	mm
°BRIX	Teor de sólidos solúveis totais	%
pH	Potencial hidrogeniônico	%
AT	Acidez titulável	%
PROD	Produtividade	kg ha ⁻¹
DAT	Dias Após Tranplântio	
MO	Matéria Orgânica	%
NH ₄ ⁺	Amônio	
cm ²	Centímetro ao Quadrado	
cmol _c kg ⁻¹	Centimol Carga por Quilograma	
K ⁺	Potássio	
KCl	Cloreto de Potássio	g
G	Gramas	
µm	Medidas em Micrômetros	
CV	Coefficiente de Variação	
Ns	Não Significativo	
Kg	Quilograma	
L	Litros	
M	Metros	
Mm	Milímetros	
mm ²	Milímetros ao Quadrado	
%	Porcentagem	
Cm	Centímetros	
ha	Hectare	

RESUMO

RAFAEL, MATIAS DA SILVA. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, agosto de 2019. **Uso de fontes e doses de boro na cultura do tomate industrial irrigado.** Orientador: Dr. Wilian Henrique Diniz Buso. Coorientador: Dr. Roriz Luciano Machado.

O tomateiro é uma das culturas mais importantes do país, capaz de proporcionar rendimentos elevados em um curto espaço de tempo, além de ter um alto valor de mercado e grande poder de geração de empregos. Objetivou-se com o presente estudo avaliar a influência do micronutriente boro no desenvolvimento e produtividade do tomate industrial. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com um fatorial 3 x 4 x 2, sendo três fontes de boro (ácido bórico, bórax e ulexita), quatro doses de boro (0, 1, 2 e 3 kg ha⁻¹) e dois locais, Goianésia (AE I) e Vila Propício (AE II), com quatro repetições. Antes do preparo da área, foi feito o controle das plantas daninhas de ambas as áreas experimentais. As parcelas experimentais foram compostas por quatro linhas de plantio de tomate, espaçadas de 1,10 m entre linhas e de 0,35 m entre plantas. A distribuição das fontes e doses de boro ocorreu nas quatro linhas de cada parcela antes do transplântio das mudas de tomate. Utilizou-se para ambas as áreas o sistema de irrigação do tipo pivô central. O manejo de irrigação foi feito por tensiômetros instalados nas profundidades de 0-20 cm e 20 a 40 cm. Na AE I, as mudas de tomate foram transplantadas no dia 16 de abril de 2018 no momento em que apresentavam quatro folhas completamente expandidas, utilizando transplantadora mecânica, com quatro unidades de transplântio, espaçadas de 1,10 m entre linhas e de 0,35 m entre plantas. A colheita ocorreu no dia 05 de agosto de 2018 e, no total, foram aplicados 433 mm de água durante o ciclo total da cultura. A população final de plantas foi de 24.543 ha⁻¹. Já na AE II, o transplântio das mudas de tomate ocorreu no dia 29 de abril de 2018 e no dia 18 de agosto de 2018 e, no total, foram aplicados 441 mm de água durante o ciclo da cultura. A população final de plantas foi de 26.588 ha⁻¹. As características avaliadas foram diâmetro do colmo (mm) (DC), altura de plantas (m) (AP), número total de frutos (NTFP), número total de frutos maduros (NTFMP), número total de frutos verdes (NTFVP), número de ramos laterais (NRL), diâmetro longitudinal de frutos (mm) (DLF) e diâmetro transversal de frutos (mm) (DTF), teor de sólidos solúveis totais (°BRIX), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e produtividade (kg ha⁻¹) (PROD). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de

probabilidade. As equações de regressão das variáveis foram ajustadas em função das doses de boro. Houve efeito significativo da fonte de variação local para as variáveis AP, DC, NRLP, DLF, pH e AT, °BRIX e PROD. A AE I apresentou os melhores resultados para as variáveis AP, DC, NRLP, DLF, pH e AT, °BRIX e PROD. Não houve diferença significativa para as fontes de boro utilizadas. A interação entre local e fontes foi significativa para o NFVP e pH, observando o local de forma independente, a AE I apresentou o menor, avaliando o NFVP quando se aplicou boro na forma de ulexita. Avaliando as fontes dentro de cada local, houve diferença significativa somente para ácido bórico quando aplicado na AE II. Já para a variável pH, a AE I apresentou resultados semelhantes, não havendo diferença estatística entre as fontes utilizadas, enquanto para AE II, ocorreu diferença estatística, tendo a fonte bórax com as maiores médias de pH. Já avaliando as fontes dentro de cada local, verificou-se diferença estatística somente para a fonte ulexita, quando aplicada na AE II. A fonte de variação dose apresentou diferença significativa para as variáveis NTFP, NFMP, °BRIX e PROD. Para o NFMP, houve resposta linear crescente para as fontes boráx e ulexita, aumentando o número de frutos maduros por planta conforme o incremento da dose de boro, apresentando, assim, respostas máximas de 73,75 e 74,63, respectivamente, na dose máxima aplicada. Para a fonte ácido bórico, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, com resposta máxima (75,63) obtida quando se aplicou a dose de 1,56 kg ha⁻¹. Houve diferença estatística no NTFP para doses de boro, tendo a dose de 0 kg ha⁻¹ apresentado o menor NTFP (81,29), quando comparado com as demais doses aplicadas (1, 2 e 3 kg ha⁻¹). Avaliando o efeito de doses de boro sobre o °BRIX, verificou-se porcentagem máxima (4,75 %) dos frutos na dose de 1,23 kg ha⁻¹. As doses de boro influenciaram no atributo produtividade (PROD), se ajustando ao modelo quadrático. A dose de boro de 1,23 kg ha⁻¹ propicia maiores valores (4,75 %) de °BRIX nas condições de estudo. A dose de boro de 1,89 kg ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade (119.001,5 kg ha⁻¹) nas condições de estudo, independentemente das fontes utilizadas e do local. As diferentes fontes de boro não apresentaram efeitos significativos sobre a cultura do tomateiro, sendo assim, ambas podem ser utilizadas nas condições deste estudo.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum* L., produtividade, ácido bórico, bórax, ulexita.

ABSTRACT

SILVA, RAFAEL MATIAS DA. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, August 2019. **Use of boron sources and doses in irrigated industrial tomato crop.** Advisor: Dr. Buso, Wilian Henrique Diniz. Co-advisor: Dr. Machado, Roriz Luciano.

Tomato is one of the most important crops in Brazil and is capable to generate high incomes within a short time, and, additionally, has a high market value and a great ability of job creation. This study aimed to evaluate the boron micronutrient influence on the development and industrial productivity of tomatoes. The experimental design was in randomized complete block with 3 x 4 x 2 factorial scheme, composed of three boron sources (Boric acid, Borax, and Ulexite), four boron doses (0, 1, 2, and 3 kg ha⁻¹), and four repetitions in two locations, Goianésia (AE I) and Vila Propício (AE II), Goiás State, Brazil. Weed control of both experimental areas was carried out before preparing the area. The experimental plots were composed of four tomato lines spaced 1.10 m between lines and 0.35 m between plants. The distribution of boron sources and doses was carried out in the four lines of each plot before tomato seedlings transplantation, and central pivot irrigation system was used for both areas. Irrigation management was carried out through tensiometers placed at 0-20 and 20-40 cm soil depths. In AE I, the tomato seedlings were transplanted on April 16, 2018, when the four leaves were fully expanded, using mechanical transplanters composed of four transplantation units, spaced 1.10 m between lines and 0.35 m between plants. Harvesting took place on August 5, 2018, and 433 mm of water were applied during the total crop cycle. The final population of plants was 24.543 per ha. In AE II, tomato seedlings were transplanted on April 29, 2018 and on August 18, 2018, and 441 mm of water were applied during the crop cycle. The final population of plants was 26,588 per ha. The characteristics evaluated were stem diameter (mm) (SD), plant height (m) (PH), total number of fruit (TNFP), total number of ripe fruit (NRFP), total number of unripe fruit (NUFP), number of lateral branches (NLBP), fruit longitudinal diameter (mm) (FLD), fruit cross diameter (mm) (FCD), total soluble solids content (°BRIX), hydrogenionic potential (pH), titratable acidity (TA), and yield (kg ha⁻¹) (YIELD). Data were submitted to analysis of variance and the means compared using Tukey test at 5% probability. The variable regression equations were adjusted considering the boron doses. There was a significant effect from local variation source to PH, SD,

NLB, FLD, pH, and TA, °BRIX, and YIELD variables. The AE I showed the best results for the PH, SD, NLB, DLF, pH, and AT, °BRIX, and YIELD variables. There was no significant difference for the boron sources used. The interaction among location and sources was significant for NUFP and pH when observing the site, independently from AE I, and NUFP showed the lowest value when ulexite boron was applied. Evaluating the sources inside each location, there was significant difference only for boric acid when applied in AE II. For the pH variable, AE I showed similar results with no statistical difference among the sources used, whereas for AE II, there was a statistical difference, and the borax source showed the highest pH averages. Evaluating the sources inside each location, it was found that there was a statistical difference only for the ulexite source when applied in AE II. The dose variation source showed significant difference for the TNFP, NRFP, °BRIX, and YIELD variables. There was an increasing linear response to the borax and ulexite sources for the NRFP variable, increasing the number of ripe fruit per plant as the boron dose increased, thus showing maximum responses (73.75 and 74.63) in the maximum dose applied. The data fit the quadratic model in the boric acid source, showing maximum response (75.63) when the dose was applied (1.56 kg ha^{-1}). There was a statistical difference in TNFP for boron doses, and the dose 0 kg ha^{-1} showed the lowest TNFP (81.29) when compared to the other doses applied (1, 2, and 3 kg ha^{-1}). Evaluating the effect of boron doses on °BRIX, a maximum percentage (4.75%) of the fruit at the dose 1.23 kg ha^{-1} was found. Boron doses influenced the attribute yield (YIELD), fitting the quadratic model. The boron dose 1.23 kg ha^{-1} provides higher values (4.75%) of °BRIX under this study conditions. The boron dose 1.89 kg ha^{-1} provides the highest yield ($119,001.5 \text{ kg ha}^{-1}$) under study conditions, regardless of sources and location. Boron sources have no significant effects on tomato crop, so both sources can be used under this study conditions.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicum* L., borax, boric acid, productivity, ulexite

CAPÍTULO I: Considerações Iniciais

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma planta da classe dicotiledônia, pertencente à família Solanaceae, gênero *Solanum*, seção *Lycopersicon*, ordem Tubiflorae, classificado botanicamente como *Solanum lycopersicum* L. (Becker et al., 2016). É uma espécie amplamente cultivada e distribuída pela maioria dos continentes (FAOSTAT, 2019), sendo considerada uma das hortaliças mais importantes do mundo (AGRIANUAL, 2016).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), na safra de 2017/2017, os principais produtores mundiais de tomate foram a China, que ocupa o primeiro lugar em produção, com 59.514.773 toneladas, seguida pela Índia, com 20.708.000 toneladas. O Brasil ocupa o décimo lugar, com produção estimada de 4.230.150 toneladas (FAOSTAT, 2019). O Estado de Goiás é responsável pela maior produção de tomate no país, totalizando cerca de 70% do volume nacional, com produção superior a um milhão de toneladas (Munhoz & Schmidt, 2016; IBGE, 2019).

A expansão do cultivo do tomateiro no país tem aumentado a cada ano, pelo fato de a cultura ter um ciclo relativamente curto, boas perspectivas econômicas e rendimentos elevados em um curto espaço de tempo, tornando-a uma olerícola de grande importância econômica no mundo (Sousa et al., 2011). O tomate apresenta boa palatabilidade, com frutos ricos em vitamina A e C e concentrações elevadas de potássio e cálcio, além de grande valor nutricional, pois seus frutos são ricos em licopeno e compostos antioxidantes importantes no combate aos radicais livres no organismo (Agarwal & Rao, 2000).

O tomateiro é uma cultura que se desenvolve em amplas condições de clima, como o tropical, o subtropical e o temperado, podendo, assim, ser cultivado em diferentes regiões (Silva et al., 2006).

Um dos fatores que têm contribuído para o aumento da produtividade nacional de tomate é a adoção de técnicas de irrigação, novos híbridos mais produtivos, uso intensivo de insumos, reduzindo perdas pós-colheita, e novas técnicas modernas de cultivo (Carvalho & Pagliuca, 2007). A água tem grande importância durante todo ciclo do tomateiro, atuando ativamente em cerca de 94% dos constituintes da cultura,

demonstrando assim sua grande exigência de irrigação durante seu ciclo de desenvolvimento (Tavares, 2010). Além disso, o conhecimento sobre todos os elementos que atuam no desenvolvimento, composição e crescimento do tomateiro são fundamentais para garantir o aumento de produtividade da cultura (Alvarenga, 2013).

A disponibilidade do boro para as plantas é baixa, devendo este elemento ser fornecido de forma constante durante todo o desenvolvimento das plantas (Mesquita et al., 2011). A utilização de fontes de boro de solubilidade alta pode trazer problemas de toxidez para a planta, pela maior sensibilidade, pela disponibilidade alta no período inicial, disponibilização irregular durante o ciclo da cultura e lixiviação elevada em solos com textura arenosa (Hortenstine et al., 1958).

Rashid et al. (2017) avaliaram diferentes doses de boro (0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 kg ha⁻¹) na produtividade da cultura do tomateiro. Os resultados mostraram que a aplicação de boro proporcionou incremento significativo nas variáveis altura de plantas (63,87), diâmetro transversal de frutos (50,7) e produtividade (79,2 t ha⁻¹).

Diante disso, objetivou-se com o presente estudo avaliar a influência do boro no desenvolvimento e produtividade do tomate industrial, utilizando diferentes fontes e doses em área irrigada pelo sistema de irrigação do tipo pivô central.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico e Morfologia do Tomate

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma olerícola pertencente à família Solanaceae. Sua descoberta ocorreu no século XVI na América do Sul, seu centro de origem. Chegou ao Brasil em meados do século XIX, trazido pelos imigrantes europeus, porém, somente no ano de 1940, ocorreu seu grande início de produção no Estado do Rio de Janeiro, com a chegada do tomate do Subgrupo Santa Cruz (Alvarenga, 2013).

Apenas no século XX no município de Pesqueiras, estado de Pernambuco, foi iniciado o cultivo do tomate industrial, expandindo-se a partir da década de 30 para outros estados do país até que, em 1990, os estados de Minas Gerais e Goiás ganharam força na produção da cultura do tomateiro (Silva Júnior et al., 2015).

De acordo com Filgueira (2008), o tomateiro, por se tratar de uma planta de clima tropical de altitude, tem boa adaptação a diferentes climas. Fatores como luminosidade alta, clima seco e ameno, com diferencial de temperaturas diurnas e noturnas entre 6 a 8°C, são essenciais para um bom crescimento e incremento de produtividade do tomateiro. É uma planta herbácea e autógama, com flores hermafroditas e caule flexível. Seu desenvolvimento é similar a uma moita com grande crescimento de ramas na lateral e hastes que atingem altura de cerca de um metro, principalmente para cultivares rasteiras, que são as usadas no processamento industrial, que apresentam hábito de crescimento determinado (Sonnenberg & Silva, 2004; Filgueira, 2008).

O sistema radicular do tomateiro é pivotante, composto por uma raiz principal, que tem capacidade de atingir uma profundidade de até 1,5 m, e secundárias, que são ramificadas e ficam presentes a 20 cm da superfície do solo (Pinto & Casali, 1980; Alvarenga, 2013). Suas flores são hermafroditas, de colocação amarela, unidas em forma de cachos, o que prejudica a taxa de fecundação cruzada que, na maioria das vezes, é feita por insetos polinizadores. Já os frutos apresentam cor vermelha quando maduros, são carnosos, com tamanho e aspectos que podem variar de acordo com a cultivar (Filgueira, 2008).

O tomateiro para processamento industrial apresenta um ciclo que varia de 105 a 145 dias, dependendo da cultivar (Gómez & Camelo, 2002). Esse ciclo é dividido em quatro fases distintas: fase I, sementeira (10 a 15 dias); fase II, do transplante de mudas ao início do florescimento (quatro a cinco semanas); fase III, do florescimento ao início da colheita (cinco a seis semanas); e fase IV, do início ao final da colheita (Alvarenga, 2004; Marouelli et al., 2012).

2.2 Aspectos econômicos do tomateiro

O tomateiro é uma cultura que consegue obter rendimentos elevados em curto espaço de tempo, contribuindo cada vez mais para a expansão da área de produção no Brasil (Sousa et al., 2011). A partir da segunda metade do século XIX, a indústria de processamento de tomate começou a crescer rapidamente (Gould, 2013). A produção de tomateiro para processamento industrial iniciou-se nos Estados Unidos e Itália, com crescimento considerável na produção agrícola e industrial nos últimos 40 anos (Brandão & Lopes, 2001).

No Brasil, a cultura é bastante difundida, e um dos fatores que contribuem para isso é sua grande importância socioeconômica, como seu valor de mercado e grande poder de geração de empregos, contribuindo cada vez mais para o aumento de renda dos trabalhadores que moram no campo (Silva et al., 2013). Atualmente, o tomate é o ponto mais importante da indústria hortícola e está em crescimento significativo em todo o mundo, tanto para o mercado fresco quanto para o processamento industrial (Nowicki et al., 2013).

A produção industrial do tomate tem uma grande relevância no Brasil, deixando o país entre os maiores produtores mundiais de tomate industrial, com produção aproximada de 1,4 milhões de toneladas (WPTC, 2017). Das 23 indústrias responsáveis pelo segmento de produção de tomate para processamento industrial no país, cerca de onze estão localizadas no estado de Goiás (Vilela et al., 2012). Este setor movimentava anualmente valores superiores a R\$ 2,5 bilhões, destacando assim sua grande importância no cenário do agronegócio brasileiro (Carvalho, 2013).

A produção de hortaliças no Brasil cresceu cerca de 33,9%, com produção de 42,7% e redução de 6,2% de área cultivada. A cultura do tomateiro hoje representa cerca de 18,7% da produção de hortaliças em todo o território nacional (Vilela & Luengo, 2011). O Brasil produziu, na safra de 2018, cerca de 4,1 milhões de toneladas de tomate

em uma área de 59,7 mil hectares, com o Estado de Goiás ficando em primeiro lugar, com uma produção de 1,35 milhões de toneladas (SIDRA, 2018). O Estado se destaca como o maior produtor no Brasil de tomate destinado ao processamento industrial, logo atrás vêm os Estados de São Paulo e Minas Gerais, com 12,7% e 1,3% da produção, respectivamente (Hott et al., 2014; SEGPLAN, 2018).

De acordo com Silva et al. (2003), a expansão da área cultivada de tomate industrial na região Centro-Oeste tem correlação com o clima mais seco do cerrado, principalmente nos meses de março a setembro, outro fator é que nessa região os solos são mais drenados e profundos, permitindo o uso de sistemas de irrigação de grande porte, facilitando a mecanização da cultura.

A produção do tomateiro no Estado de Goiás ocorre principalmente nos municípios de Cristalina, Itaberaí, Vianópolis, Silvania e Goianésia, nos meses de fevereiro até junho, pois durante esses meses a ocorrência do geminivirus causado pela mosca branca é menor (AGRODEFESA, 2011). Nesses municípios, de acordo com dados da SIDRA (2018), a produção na safra de 2018 foi de 333.000, 230.000, 46.000, 28.500 e 18.100 toneladas, respectivamente.

Os principais atributos agrônômicos desejáveis do tomate industrial são resistência a doenças, uniformidade de maturação, precocidade e rusticidade (Barbosa, 1997), enquanto as características industriais são viscosidade, cor, sabor e teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ BRIX) e acidez (Melo & Vilela, 2005).

2.3 Temperatura

O tomate é uma cultura que pode suportar temperaturas na faixa de 10 a 34 $^{\circ}$ C. A amplitude térmica pode causar redução e problemas em diversos processos durante o desenvolvimento da cultura do tomate (Naika et al., 2006).

A temperatura ideal para o cultivo do tomateiro varia de 20 a 25 $^{\circ}$ C durante o dia e de 11 a 18 $^{\circ}$ C durante a noite. Além disso, a cultura requer uma faixa ótima de temperatura do ar, ou seja: germinação, de 16 a 29 $^{\circ}$ C; período vegetativo, de 20 a 24 $^{\circ}$ C; floração, de 18 a 24 $^{\circ}$ C; e pegamento de frutos, de 13 a 18 $^{\circ}$ C, durante a noite, e de 19 a 25 $^{\circ}$ C durante o dia. No estágio de maturação dos frutos, a temperatura pode variar de 20 a 24 $^{\circ}$ C, intervalo ideal para a formação de licopeno (Silva & Nascimento, 2007; Filgueira, 2008).

Segundo Silva et al. (2003), para o tomateiro, temperaturas superiores a 29 °C podem causar aumento do caroteno, afetar a síntese de licopeno, deixando os frutos com cor amarelada, produzindo frutos vazios, queda de flores, frutos mal desenvolvidos e redução do ciclo da cultura, enquanto temperaturas inferiores a 12 °C ocasionam redução do crescimento da cultura e problemas na produção de pólen (Silva et al., 2003; Sadashiva et al., 2013; Cao et al., 2015).

2.4 Irrigação na cultura do tomateiro

O tomateiro para processamento industrial é uma cultura que exige alta demanda de água, necessitando de irrigação durante todo o seu ciclo de crescimento, principalmente em regiões áridas e semiáridas, onde a precipitação é menor que a evapotranspiração da cultura (Zhang et al., 2017). A ausência de conhecimentos sobre a necessidade hídrica da cultura do tomateiro e o momento ideal de iniciar a irrigação são ainda alguns dos grandes gargalhos enfrentados pelos produtores (Soares et al., 2012).

Em cerca de 90% dos locais onde há produção de tomate para processamento industrial, a irrigação é por aspersão, principalmente do tipo pivô central (Koetz et al., 2010). O sistema de irrigação por gotejamento, embora pouco utilizado na produção de tomate para processamento, também tem boa eficiência de aplicação de água, pois possibilita alta produtividade com pouco gasto de água e redução da incidência de doenças da parte aérea (Marouelli et al., 2012).

Cerca de 80% do cultivo do tomateiro está concentrado nos Estados de Minas Gerais e Goiás, que é o maior produtor (SIDRA, 2018). Essas regiões, por apresentarem características de cerrado e topográfica plana, clima seco e possibilidade de cultivar outras culturas durante o ano, utilizam irrigação por aspersão do tipo pivô central, um dos fatores provocados pela chegada de diversas indústrias de processamento e produção de tomate (Silva & Marouelli, 1995).

O tomateiro industrial é uma cultura típica de primavera-verão, sensível ao estresse hídrico, bastante exigente em água, necessitando de 300 a 650 mm de água durante todo o seu ciclo, fornecida, principalmente, pela irrigação (Marouelli et al., 2012). De acordo com Marouelli & Silva (2002), o déficit hídrico na cultura do tomateiro pode reduzir o stand de plantas, produtividade, tamanho dos frutos, tornar o pólen menos viável, comprometer a cor e a rigidez dos frutos e reduzir o teor de sólidos solúveis totais.

O déficit hídrico é um dos fatores que mais causam redução de produtividade e qualidade dos frutos durante o ciclo da cultura, porém a água em quantidades elevadas também pode causar prejuízos, necessitando, assim, de um bom manejo de irrigação, garantindo a reposição de água no solo no momento e na quantidade corretas pelo uso de sistemas de irrigação (Macêdo & Alvarenga, 2005). Nessas condições de déficit, a produção de ácido abscísico (ABA) aumenta, o que pode resultar em fechamento dos estômatos, redução da transpiração, afetando negativamente a redução da expansão celular, isso porque ocorre modificação em diversos processos, como alongamento celular, transporte no floema e trocas gasosas, ocasionando envelhecimento precoce das folhas (Taiz & Zeiger, 2013).

A irrigação deve ser manejada de forma eficiente, isso porque o manejo permite ajustar as condições temporárias durante o ciclo das culturas (Vilas-Boas et al., 2011). Para obter sucesso no manejo da água para a irrigação, é necessário quantificar de forma precisa a transpiração das plantas e a evaporação da água no solo (Lira, 2008).

De acordo com Alves Júnior (2006), o manejo da irrigação envolve a decisão de quanto aplicar e o momento certo de iniciar a irrigação. A água a ser aplicada através da irrigação deve ser suficiente para aumentar a quantidade de água no solo, a capacidade de campo (CC) na camada da profundidade efetiva da raiz, como no caso da cultura do tomateiro, que pode chegar até 40 cm no estágio de maturação (Santana et al., 2011). Segundo Gardner (1988), para um bom manejo de irrigação, existem três indicadores de déficit hídrico que são: via clima, via solo e indicador planta. A escolha do método adequado para a área vai ser primordial para o sucesso da lavoura (Clyma, 1996).

Entre os métodos via solo, está o tensiômetro, que faz leituras baseadas no potencial de água no solo, sendo um dos aparelhos mais usados para determinar o potencial mátrico em condições campo (Villagra, 1988). Esse aparelho é composto por um tubo com um manômetro ligado a uma placa de cerâmica, chamada de cápsula porosa, que tem a capacidade de fazer leituras da tensão da água presente no solo (Klein, 2001).

Basicamente, o princípio de funcionamento do tensiômetro é pelo contato da água e do solo com a placa de cerâmica (cápsula porosa), ficando o aparelho em contato com a água do solo, havendo sucção da água presente no solo na cápsula do tensiômetro, fazendo com que ocorra a retirada de água do aparelho, reduzindo, assim, a pressão interna, criando uma pressão negativa chamada de potencial matricial da água no solo

(Coelho & Teixeira, 2004). Segundo Azevedo & Silva, (1999), com o uso do tensiômetro, é possível obter uma redução de até 40% na aplicação de lâminas quando comparado com locais sem a adoção do manejo de irrigação.

Esses fatores, aliados ao equilíbrio nutricional, influenciam de forma favorável o sucesso do tomateiro para processamento industrial, pois estão associados diretamente ao metabolismo basal das plantas (Alvarenga, 2004; Carrijo et al., 2004; Puiatti et al., 2010).

2.5 Importância do boro para as plantas

O boro é um micronutriente requerido em pequena quantidade, sendo, porém, apesar disso, fundamental durante o desenvolvimento das plantas (Malavolta et al., 1997). Tem massa atômica de 10,811, número atômico 5, sendo considerado o único elemento não metal na tabela periódica (Bièvre & Barnes, 1985; Marschner, 1995). É imóvel na maioria das plantas, e sua movimentação ocorre através do xilema pelo fluxo de transpiração (Hu et al., 1997; Asad et al., 2001). Devido à sua dificuldade de translocação via floema, sua aplicação no solo é mais eficiente, pois, além de aumentar rapidamente seu teor na folha, permite um efeito mais duradouro quando comparado à aplicação via foliar (Malavolta & Kliemann, 1985).

O boro atua como um regulador no metabolismo e translocação de carboidratos, produção de açúcares, síntese de ácidos nucleicos, transferência de cálcio, germinação do pólen, crescimento meristemático, desempenhando um importante papel no xilema com a formação de vasos no processo de crescimento e diferenciação, auxiliando ainda na formação dos complexos estáveis na membrana e alongamento do tubo polínico (Marschner, 1995; Brown et al., 2002; Salam et al., 2010; Silva et al., 2012).

Entre os elementos do solo essenciais para as plantas, o boro é o único que não é absorvido na forma de íon, mas como uma molécula que não tem carga (Bogiani, 2010). De acordo Malavolta et al. (1997), sua absorção ocorre principalmente na forma de ácido bórico (H_3BO_3) e pode acontecer por difusão passiva e difusão ativa. No primeiro caso, quando em condições ideais de pH, o nutriente entra na planta por meio de difusão, não havendo gasto de energia; no segundo caso, o nutriente penetra no simplasto e se movimenta com gasto de energia. Fatores como alta permeabilidade das membranas, desenvolvimento de compostos intracelulares covalentes não trocáveis e açúcares não

compatíveis com o floema favorecem essa absorção pelas plantas (Hu et al., 1997; Läuchli, 2002; Marschner, 2012).

O boro está ligado diretamente ao cálcio, contribuindo para o desenvolvimento e deposição dos pectatos nas membranas e paredes celulares, principalmente na lamela média (Santos et al., 1990; Cakmak & Römheld, 1997; Bolaños et al., 2004). Malavolta et al. (1989) relatam a importância do equilíbrio entre esses dois nutrientes na planta do tomateiro, pois tanto a deficiência quanto o excesso de boro podem interferir na absorção de cálcio ou vice-versa.

Por ser um componente estrutural dos tecidos vegetais, as plantas que têm maior quantidade de boro na parede celular, associado às pectinas, são as mais exigentes nesse micronutriente durante seu desenvolvimento (Power & Woods, 1997; Hu et al., 1997; Hänsch & Mendel, 2009; Marschner, 2012). Isso porque ele tem fundamental importância na manutenção das funcionalidades e estruturas da membrana, propriedades mecânicas da parede celular, que são fundamentais no processo de absorção de boro pelas plantas (Malavolta, 2006). O suprimento de boro deve ocorrer de forma correta, pois, quando feito de forma inadequada, o desenvolvimento dos frutos e a produtividade são reduzidos (Laviola & Dias, 2008).

A desordem das paredes primárias adjacentes, pectinas e lamela média, correspondentes ao comprometimento no rearranjo das xiloglucanos e microfibrilas na parede celular, determina os primeiros sintomas de deficiência de boro nas células (Camacho-Cristóbal et al., 2004; Liu et al., 2014). Diversos processos são afetados pela deficiência do boro, como a impossibilidade do desenvolvimento e maturação das células, que são constituintes da segunda fase do desenvolvimento celular (Buchanan et al., 2009).

Visualmente, sintomas como redução da superfície foliar com folhas jovens pequenas, deformadas e quebradas, abortamento de flores, formação anormal dos frutos, diminuição do crescimento radicular e da parte aérea, ramos com fendas e alterações nas atividades metabólicas estão relacionados com deficiência de boro nas plantas (Smit & Combrink, 2004; Epstein & Blom, 2006; Dechen & Nachtigall, 2007; Liu et al., 2014).

O boro desempenha papel importante nos processos de divisão e alongação celular, sendo, assim, sua deficiência também pode retardar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, incluindo do tomateiro (Shelp, 1993; Cervilla et al., 2009). Apesar de pouco compreendido, o boro tem papel fundamental na fase reprodutiva das

plantas, sendo necessário seu suprimento adequado nessa fase, considerada crítica para a produtividade da maioria das culturas (Bastos & Carvalho, 2004).

O boro é um dos micronutrientes que mais auxiliam no crescimento da qualidade dos frutos de tomate, sendo importantíssimo e indispensável durante o desenvolvimento e polinização dos frutos (Silva & Faria, 2004). Diversos autores têm relatado a importância do boro em plantas, principalmente na cultura do tomateiro, demonstrando que esse micronutriente é capaz de promover diversos benefícios, como incremento no número de frutos e maior produtividade (Ejaz et al., 2011; Gurmani et al., 2012; Rashid et al., 2017).

Zamban et al. (2018) avaliaram os efeitos de três doses boro, 0, 2 e 4 g cova⁻¹, aplicados via solo na produção e ocorrência de podridão apical em híbridos de tomateiro italiano cultivado em condições de campo. Os resultados mostraram incremento de produtividade e do número de frutos por planta quando utilizada a dose de 4 g cova⁻¹ de boro.

Em plantas de tomateiro, a deficiência de boro proporciona formação de feixes vasculares desorganizados e câmbio vascular com atividade atípica (Maia, 2012). Nessa cultura, a deficiência de boro ainda pode limitar a divisão e alongamento celular na parte aérea e ápice das raízes, reduzindo o crescimento e a produção de massa seca, provocando má formação de feixes vasculares e irregularidades no espessamento da parede celular (Hajiboland et al., 2012).

Segundo Malavolta et al. (1989), rachaduras e lesões com aspecto escuro nos frutos também são sintomas da deficiência de boro na cultura do tomateiro, o que acarreta redução considerável na sua produtividade, enquanto seu excesso está ligado à redução do crescimento radicular e ao aumento na deposição de lignina (Cervilla et al., 2009).

2.6 Boro no solo

De acordo com Van Raij et al. (1996), os teores de B no solo são alto (> de 0,6 mg dm⁻³), médio (0,2 a 0,6 mg dm⁻³) e baixo (< de 0,2 mg dm⁻³). Nos solos tropicais, a deficiência de boro é conhecida, e sua adsorção pelos óxidos de Fe e Al é dependente do pH para uma maior disponibilidade para as plantas (Abreu et al., 2007).

Características como pH, umidade e matéria orgânica influenciam na disponibilidade do B no solo para as plantas (Yamada, 2000; Gondim, 2009). Em solos

com pH entre 5,0 a 9,0, o estado do boro na solução do solo é na forma de molécula não ionizada de H_3BO_3 , fato que o torna muito móvel e bastante suscetível à lixiviação no solo; diante disso, em solos com pH superior a 9,0, vai ocorrer a hidrolisação, passando de H_3BO_3 a H_2BO_4 (Tisdale et al., 1985). A aplicação de calcário em solos com pH abaixo de 7,0 tem fundamental importância, pois com a elevação do pH a adsorção do boro nos colóides é favorecida (Goldberg, 1997).

O boro pode ser encontrado combinado com diversos minerais como ácido bórico (H_3BO_3), ulexita ($CaNaB_5O_9 \cdot 8H_2O$), colemanita ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$), boracita ($Mg_3B_7O_{13}Cl$) e o bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$), porém tem uma reatividade alta para ocorrer no seu estado livre (Boaretto, 2006; Gondim, 2009).

De acordo com Gondim (2009), a relação observada entre a disponibilidade do boro e a textura do solo pode ser atribuída à adsorção do elemento às partículas de argila em solos de textura fina, o que ocorre com boro proveniente dos minerais do solo, da matéria orgânica ou dos fertilizantes, permanecendo em equilíbrio com o boro na solução do solo. Solos ricos em matéria orgânica apresentam maiores concentrações de boro (Mitchell, 1965).

O ácido bórico tem reatividade baixa e alta solubilidade, principalmente em água, sendo encontrado na forma de cristais de ácido bórico (H_3BO_3), com teores de boro variando entre 17 e 18%. Tem alta suscetibilidade à lixiviação, principalmente em áreas com alto índice de precipitação e em solos arenosos (Byers et al., 2001).

A ulexita ($NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$) é um borato de sódio e cálcio considerado mais solúvel, que, de acordo com sua granulometria, consegue liberar o B de forma mais lenta, com teores de boro e cálcio variando entre 10 e 15% e de 12 e 14%, respectivamente. Sua composição encontrada no mercado é granulada (Byers et al., 2001).

Para que o boro se torne disponível para as plantas, são necessários acúmulo na solução dos solos, interação e lixiviação com os minerais e colóides orgânicos do solo (Goldberg, 1997). Em regiões de cerrado, como o estado de Goiás, a fertilização com o boro é ainda mais importante pela menor fertilidade natural existente nesses tipos de solo e pequena ligação com a absorção de cálcio (Fumes, 1986).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a influência do boro no desenvolvimento e produtividade do tomate industrial, utilizando diferentes fontes e doses em área irrigada pelo sistema de irrigação do tipo pivô central.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, C. A.; Lopes, A. S.; Santos, G. Micronutrientes. In: Novais, R.F.; Alvarez, V. V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (eds). Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS/ UFV, 2007. p. 645-736.

Agarwal, S.; Rao, A. V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. Canadian Medical Association Journal, n.163, v.6, p. 739-744, 2000.

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. Tomate. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2016. p.435-441.

AGRODEFESA. Agência Goiana de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 6 de 14 de junho de 2011. Disponível em: <<http://www.agrodefesa.go.gov.br/publicacoes/sanidade-vegetal/programas-1/488-in-06-11/file>>. Acesso em: 03 jan.2019.

Alvarenga, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

Alvarenga, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

Alves Júnior, J. Necessidade hídrica e resposta da cultura de lima ácida Tahiti a diferentes níveis de irrigação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2006. 101p. Tese Doutorado.

Asad, A.; Blamey, F. P. C.; Edwards, D. G. Boron nutrition of sunflower crops. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 14, Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 2, 2001, Rio Verde. Resumos... Rio Verde: FESURV/IAM, 2001. p.14-19.

Azevedo, J. A.; Silva, E. M. Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. (Circular Técnica).

Barbosa, V. The processing tomato growing system under tropical and subtropical conditions: the Brazilian experience. In: 1st. Int'l conference on processing tomato and 1st. int'l symposium on tropical tomato diseases, 1996, Recife, PE. Proceedings of 1st. Int'l conference on the processing tomato and 1st. Int'l symposium on tropical tomato diseases, 1997, p.94-97.

Bastos, A. R. R.; Carvalho, J. G de. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas e seu papel na parede celular. *Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida*, v.24, n.2, p.47-66, 2004.

Becker, W. F.; Wamser, A. F.; Feltrim, A. L.; Suzuki, A.; Santos, J. P.; Valmorbidia, J.; Hahn, L.; Marcuzzo, L. L.; Mueller, S.; Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina. Florianópolis, SC: Epagri, 2016.

BIÈVRE, P. D.; Barnes, I. L. Table of the isotopic composition of the elements as determined by mass spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry and Ion Processes*, Amsterdam, v.65, p.211-230, 1985.

Boaretto, R. M. Boro (10B) em laranjeira: absorção e mobilidade. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2006. 120p. Tese Doutorado.

Bogiani, J. C. Absorção e mobilidade de boro em cultivares de algodão. Botucatu-SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, 2010. 89p. Tese Doutorado.

Bolaños, L.; Lukaszewski, K.; Bonilla, I.; Brevins, D. Why boron? *Plant Physiology and Biochemistry*, v.42, p.907-912, 2004.

Brandão, A. S.; Lopes, M. R. Cadeia do tomate industrial no Brasil. In: Vieira, R.C.M.; Teixeira Filho, A. R.; Oliveira, A. J.; Lopes, M. R. Cadeias produtivas no Brasil: Análise da competitividade. Brasília: Embrapa, Fundação Getúlio Vargas, 2001. 468p.

Brown, P. H.; Bellaloui, Wimmer, M. A.; Bassil, E.; Ruiz, J.; Hu, H.; Pfeiffer, H.; Dannel, F.; Romheld, V. Boron in plant biology. *Plant Biology*, Stuttgart, v.4, n.2, p.205-223, 2002.

Buchanan, B. B.; Gruissem, W.; Jones, R. L. (Eds). *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockville, Md.: American Society of Plant Physiologists, 2009. 1367p.

Byers, D. E.; Mikkelsen, R. L.; Cox, F. R. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer material. *J. Plant Nutr.*, v.24, p.717-725, 2001.

Cakmak, I.; Römheld, V. Boron deficiency-induced impairments of celular functions in plants. *Plant and Soil*, v.193, n.1-2, p.71-83, jun.1997.

Camacho-Cristobal, J. J.; Lunar, L.; Lafont, F.; Baumert, A; Gonzales-Fontes, A. Boron deficiency causes accumulation of chlorogenic acid and caffeoyl polyamine conjugates in tobacco leaves. *Journal of Plant Physiology*, v.161, p.879-881, 2004.

Cao, X.; Wu, Z.; Zhou, R.; Jiang, F. L.; Yang, Z. E. A novel random amplified polymorphic DNA-based strategy for genetic diversity analysis and identification of tomatoes. *Genet. Mol. Res*, v.14, p.1650-1661, 2015.

Carrijo, O. A.; Vidal, M. C.; Reis, N. V. B.; Souza, R. B.; Makishima, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v.22, n.1, p.5-9, 2004.

Carvalho, J. L.; Pagliuca, L. G. Tomate: Um mercado que não para de crescer globalmente. *Revista Hortifruti Brasil*, ano 6, n.58, p.6-14, 2007.

Carvalho, C. Tomate. *Anuário brasileiro de hortaliças*, Santa Cruz do Sul, p.80-83, 2013.

Cervilla, L. M.; Rosales, M. A.; Rubio-Wilhelmi, M. M.; Sanchez-Rodriguez, E.; Blasco, B.; Rios, J. J.; Romero, L.; Ruiz, J. M. Response of nitrogen metabolism to boron toxicity in tomato plants. *Plant Biology*, v.11, n.5, p.671-677, 2009.

Cervilla, L. M.; Rosales, M. A.; Rubio-Wilhelmi, M. M.; Sánchez-Rodríguez, E.; Blasco, B.; Ríos, J. J.; Romero, L.; Ruiz, J. M. Involvement of lignification and membrane permeability in the tomato root response to boron toxicity. *Plant Science*, v.176, p.545-552, 2009.

Clyma, W. Irrigation Scheduling Revisited Historical Evaluation and Reformulation of the Concept. In: *Proceedings of the International Conference in Evaporation and Irrigation Scheduling*, 1996, San Antonio. *Anais... San Antonio*, ASAE, p.626-631, 1996.

Coelho, S. L.; Teixeira, A. dos S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.3, p.536-545, 2004.

Dechen, A. R.; Nachtigall, G. R. Elementos requeridos para a nutrição de plantas. In: *Novais, R. R.; Alvarez-V, V. H.; Barros, N. F. de; Fontes, R. L. F.; Cantarutii, R. B. Neves, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 91-132, 2007.

Ejaz, M.; Waqas, R.; Butt, M.; Rehman, S. U.; Manan, A. Role of macro-nutrients and micro-nutrients in enhancing the quality of tomato. *International Journal of Agricultural Veterinary, Medicine and Science*, v.5, p.401-404, 2011.

Epstein, E.; Blomm, A. J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2.ed. Planta, 2006. 403 p.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 11 jun.2019.

Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. rev. e ampli. Viçosa, MG: Ed UFV, 2008. 421p.

Fumes, M. E. Estudo de concorrência da podridão interna em frutos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill): efeitos de doses de nitrogênio, potássio e boro e fontes de cálcio. Botucatu – SP: UNESP, 1986. 84p. Tese Mestrado.

Gardner, E.; Gray, D. J.; O’Rahilly, R. Anatomia: Estudo Regional do Corpo Humano. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 815p.

Goldberg, S. Chemistry and mineralogy of boron in soils. In: Gupta, U. C. (ed.). Boron and its role in crop production. Boca Raton: CRC Press, 1997. p.3-44.

Gómez, P. A.; Camelo, A. F. L. Calidad poscosecha de tomates almacenados en armósferas controladas. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.1, p.38-43, mar. 2002.

Gondim, A. R. O. Absorção e mobilidade do boro em plantas de tomate e de beterraba. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2009. 76p. Tese Doutorado.

Gould, W. A. Tomato production, processing and technology. Elsevier, 2013. 550p.

Gurmani, A. R.; Khan, S. U.; Andaleep, R.; Waseem, K.; Khan, A. Soil Application of Zinc Improves Growth and Yield of Tomato. International Journal of Agriculture & Biology, v.14, n.1, p.91-96, 2012.

Hajiboland, R.; Farhanghi, F.; Aliasgharpour, M. Morphological and anatomical modifications in leaf, stem and roots of four plant species under boron deficiency conditions. Anales de Biología, v.34, p.15-29, 2012.

Hänsch, R.; Mendel, R. R. Physiological functions of mineral nutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Current Opinion in Plant Biology, v.12, p.259–266, 2009.

Hortenstine, C. C.; Ashley, D. A.; Wear, J. I. An evaluation of slowly soluble boron materials. Soil Science Society America Proceedings, v.29, p.249- 251, 1958.

Hott, M. O.; Lima, V. L. S.; Pereira, L. R.; Souza, J. M.; Reis, E. F. Produção de biomassa na fase vegetativa do tomateiro em função da tensão de água no solo. Enciclopédia biosfera, Goiânia, v.10, n.18; p.23-89, 2014.

Hu, H.; Penn, S. G.; Lebrilla, C. B.; Brown, P. H. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants: the mechanism of phloem mobility of boron. *Plant Physiology*, Rockville, v.113, n.2, p.649-655, feb. 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cepadro - Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2019.

Klein, V. A. Uma proposta de irrigação automática controlada por tensiômetros. *Revista Brasileira Agrociência*, v.7, p.231-234, 2001.

Koetz, M.; Churata Masca, M. G. C; Carneiro, L. C; Ragagnin, V. A.; Sena Júnior, D. G de; Gomes Filho, R. R. Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudeste de Goiás. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.4, p.14–22, 2010.

Läuchli, A. Functions of boron in higher plants: Recent advances and open questions. *Plant Biology*, v.4, p.190-192, 2002.

Laviola, B. G.; Dias, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.5, p.1969-1975, 2008.

Lira, V. M. Obtenção de Parâmetros Biofísicos e Evapotranspiração da Cana-de-Açúcar mediante imagens orbitais na região do Submédio São Francisco. Campina Grande – PB: Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2008. 120p. Tese Doutorado.

Liu, G.; Dong, X.; Liu, L.; Wu, L.; Peng, S.; Jiang, C. Boron deficiency is correlated with changes in cell wall structure that lead to growth defects in the leaves of navel orange plants. *Scientia Horticulturae*, v.176, p.54-62, 2014.

Macêdo, L. S.; Alvarenga, M. A. R. Efeito de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.296-304, 2005.

Maia, J. T. L. S. Cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja: crescimento, produção e qualidade sob doses de K e sintomas visuais e anatomia sob omissão de nutrientes. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 104p. Tese Doutorado.

Malavolta, E.; Kliemann, H. J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: Potafós, 1985. 136p.

- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201p.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- Malavolta, E. Manual de nutrição de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C. Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 32p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 30).
- Marouelli, W. A.; Silva, H. R. da; Silva, W. L. C. Irrigação do tomateiro para processamento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 24p.
- Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. New York: Academic Press, p.379-396, 1995.
- Marschner, P. (Ed). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3. Ed. London: Academic Press, 2012, 651p.
- Melo, P. C. T.; Vilela, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. Horti. Brasil., Brasília, v.23, n.1, p.154-157, 2005.
- Mesquita, E. F.; Chaves, L. H. G.; Guerra, H. O. C. Fitomassa e componentes da produção da mamona fertilizada com nitrogênio, fósforo e potássio. Revista Agrarian, Dourados, v.4, n.14, p.344-351, 2011.
- Mitchell, R. L. Trace elements in soil In: Bear, F. E. (Ed.). Chemistry of the soil. New York: Reinhold, p.320-368, 1965.
- Munhoz, K; Schmidt, F. L. Estudo da cinética de degradação da cor, ácido ascórbico e consistência ao longo da cadeia de processamento industrial de polpa concentrada de tomate. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2016. 99p. Dissertação Mestrado.
- Naika, S.; Jeude, J. L.; Goffau, M.; Hilmi, M.; Dam, B. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA. 2006. 104p.
- Nowicki, M.; Kozik, E. U.; Foolad, M. R. Late blight of tomato. In: Varshney, R.; Tuberosa, R. (Ed.). Translational genomics for crop breeding. New York: J. Wiley & Sons, p.241-265, 2013.

- Pinto, C. M. F.; Casali, V. W. D. Clima, época de plantio e cultivares de tomateiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.6, n.66, p.10-13, jun.1980.
- Power, P. P; Woods, W. G. The chemistry of boron and its speciation in plants. Plant and Soil, v.193, n.1/2, p.1-14, 1997.
- Puiatti, M.; Balbino, J. M. de S.; Fonseca, M. J. de O.; Ronchi, C. P. Fisiologia do desenvolvimento do tomateiro. In. Tomate. Vitória, ES: Incaper, 2010. 430p.
- Rashid, M. H.; Kawochar, M. A.; Sarker, M. A. I.; Hoque, M. E.; Salahin, N. Response of hybrid tomato varieties to boron application. Bangladesh Journal of Agricultural Research, v.42, n.4, p.707-714, 2017.
- Sadashiva, A. T.; Christopher, M. G.; Krithika, T. K. Genetic enhancement of tomato crop for abiotic stress tolerance. In: Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies. Springer, India, p.113-124, 2013.
- Salam, M. A.; Siddique, M. A.; Rahim, M. A.; Rahman, M. A.; Saha, M. G. Quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by boron and zinc under different levels of NPK fertilizers. Bangladesh Journal of Agricultural Research, v.35, n.3, p.475-488, 2010.
- Santana, M. J.; Pereira, U. C.; Beirigo, J. D. C.; Souza, S. S.; Campos, T. M.; Vieira, T. A. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. Revista Irriga, v.16, n.01, p.11- 20, 2011.
- Santos, I. S.; Barbeado, C. J.; Pipitai, R.; Ferreira, S. M.; Nakagawa, J. Estudo da relação Ca x B na cultura do pimentão. Horticultura Brasileira. Brasília, v.8, p.19-23, 1990.
- SEGPLAN - Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. Disponível em <<http://www.segplan.go.gov.br/>> Acesso em: 03 dez.2018.
- Shelp, B. J.; Penner, R.; Zhu, Z. Broccoli (*Brassica oleraceae* var. *italica*) cultivar response to boron deficiency, Canadian. Journal of Plant Science, p.883-888, 1992.
- Shelp, B. Physiology and biochemistry of boron in plants. In Boron and its Role in Crop Production. Ed. U C Gupta. pp 53–85, 1993
- SIDRA - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em: 22 jan.2018.

Silva Júnior, A. R.; Ribeiro, W. M.; Nascimento, A. R.; Souza, C. B. Cultivo do Tomate Industrial no Estado de Goiás: Evolução das Áreas de Plantio e Produção. Conjuntura Econômica Goiana, Goiânia, SEGPLAN/IMB, n.34, set. 2015.

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. J.; Faria, C. M. B. Nutrição, calagem e adubação. In: Mouco, M. A. C. (Ed.) Cultivo da mangueira. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004.

Silva, J. M.; Ferreira, R. S.; Melo, A. S.; Suassuna, J. F.; Dutra, A. F.; Gomes, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.1, p.40-46, 2013.

Silva, J. B. C.; Giordano, L. B. Produção mundial e nacional. In: Silva, J. B. C.; Giordano, L. B. Org. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças, 2000. p.8-11.

Silva, A. C.; Ferreira, L. R.; Ferreira, F. A. Manejo integrado de plantas daninhas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.24, n.219, p.93- 97, 2003.

Silva, J. B. C.; Giordano, L. B.; Furumoto, O.; Boiteux, L. S.; França, F. H.; Villas-Boas, G. L.; Branco, M. C.; Medeiros, M. A.; Marouelli, W.; Silva, W. L. C.; Lopes, C. A.; Ávila, A. C.; Nascimento, W. M.; Pereira, W. Cultivo de tomate para industrialização. In: Sistema de Produção, 1., 2003, Brasília: Anais eletrônicos... Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional De Pesquisa Em Hortaliças, 2003. Disponível em:

<<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/index.htm>> Acesso em: 18 dez.2018

Silva, J. B. C.; Giordano, L. B.; Furumoto, O.; Boiteux, L.; França, F. H.; Villas Boas, G. L.; Branco, M. C.; Medeiros, M. A.; Marouelli, W.; Silva, W. L. C.; Lopes, C. A.; Ávila, A. C.; Nascimento, W. M.; Pereira, W. Cultivo de Tomate para Industrialização. Embrapa Hortaliças. 2006. (Sistemas de Produção, 1 - 2ª Ed).

Silva, S. C.; Nascimento, D. J. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.121-138, 2007.

Silva, W. L. C.; Marouelli, W. A. Exploratory studies on microirrigation for processing tomatoes in Central Brasil. In: *International Microirrigation Conference*, 5, 1995, Orlando. *Proceedings...* Orlando: ASAE, 1995. p. 904-908.

Smit, J. N.; Combrink, N. J. J. The effect of boron levels in nutrient solutions on fruit production and quality of greenhouse tomatoes. *South African Journal of Plant and Soil*, v. 21, n.3, p.187-191, 2004.

Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Brito, M. E. B.; Sá, F. V. S.; Silva, E. C. B.; Araújo, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.8, p.38-45, 2012.

Sonnenberg, P. E.; Silva, N. F. *Olericultura especial*. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2004. 108p.

Sousa, A. A.; Grigio, M. L.; Nascimento, C. R.; Silva, A. C. D.; Rego, E. R.; Rego, M. M. Caracterização química e física de frutos de diferentes acessos de tomateiro em casa de vegetação. *Revista Agroambiente*, v.5, p.113-118, 2011.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

Tavares, A. R. A. *Cultura do tomate (Lycopersicon esculentum L.) irrigado por gotejamento subsuperficial*. Urutaí-GO: IF Goiano – Campus Urutaí, 2010. 73p. Monografia.

Tisdale, S.L. ; Nelson, W. L.; Beaton, J. D. *Soil fertility and fertilizers*. New York, MacMillan, 1985. 754p.

Ullah, R.; Ayub, G.; Ilyas, M.; Ahmad, M.; Umar, M.; Mukhtar, S.; Farooq, S. Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) as influenced by different levels of zinc and boron as foliar application. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci*, v.15, n. 12, p.2495-2498, 2015.

Van Raij, B.; Cantarela, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)

Vilas-Boas, R. C.; Pereira, G. M.; Souza, R. J.; Consoni, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.117-124, 2011.

Vilela, N. J.; Melo, P. C. T.; Boiteux, L. S.; Clemente, F. M. V. T. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. In: Clemente, F. M. V. T.; Boiteux, L. S. (Eds.). *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa, 2012. p.15- 27.

Vilela, Nirlene Junqueira; Luengo, Rita de Fátima Alves. Produção e consumo de hortaliças. In: Luengo, R de F. A; Calbo, A. G. (Ed.). *Pós-colheita de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.13-26.

Villagra, M. M. Variabilidade de medidas de tensiômetro em terra roxa estruturada. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1988. 64p. Dissertação Mestrado.

WPTC –World Processing Tomato Council. World production estimate of tomatoes for processing (in 1000 metric tonnes). Disponível em: <<http://www.wptc.to/pdf/releases/WPTC%20World%20Production%20estimate%20as%20of%2027%20October%202016.pdf>>. Acesso em: 02 jan.2017.

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

Zamban, D. T.; Prochnow, D.; Caron, B. O.; Turchetto, M.; Fontanam, D. C.; Schmidt, D. Applications of calcium and boron increase yields of Italian tomato hybrids (*Solanum lycopersicum*) in two growing seasons. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.*, v.12, p.82- 93. 2018.

Zhang, H.; Xiong, Y.; Huang, G.; Xu, X.; Huang, Q. Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao Irrigation District. *Agricultural Water Management*, v. 179, p. 205-214, 2017.

CAPÍTULO II: Uso de fontes e doses de boro na cultura do tomate industrial irrigado

Resumo

Fontes e doses de boro podem contribuir de forma positiva para o incremento na qualidade dos frutos e para a produtividade do tomateiro. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência do boro no desenvolvimento e produtividade do tomate industrial, utilizando diferentes fontes e doses de boro. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com esquema fatorial 3x4x2, sendo três fontes de boro (ácido bórico, bórax e ulexita), quatro doses (0, 1, 2 e 3 kg ha⁻¹) e dois locais, Goianésia (AE I) e Vila Propício (AE II), com quatro repetições. As variáveis avaliadas foram diâmetro do colmo (mm) (DC), altura de plantas (m) (AP), número total de frutos (NFTP), número total de frutos maduros (NFMP), número total de frutos verdes (NFVP), número de ramos laterais (NRL), diâmetro longitudinal de frutos (mm) (DLF) e diâmetro transversal de frutos (mm) (DTF), teor de sólidos solúveis totais (°BRIX), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e produtividade (kg ha⁻¹) (PROD). Não houve diferença significativa para as fontes de boro avaliadas, enquanto doses de boro influenciaram estatisticamente no incremento dos atributos NFTP, NFMP, °BRIX e PROD. A dose de boro 1,23 kg ha⁻¹ propiciou maiores valores (4,75 %) de °BRIX nas condições de estudo. A dose de boro 1,89 kg ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade (119.001,5 kg ha⁻¹) nas condições de estudo, independentemente das fontes e local. Fontes boro não apresentaram efeitos significativos sobre a cultura do tomateiro, sendo assim, para as condições de estudo, ambas podem ser utilizadas.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., produtividade, ácido bórico, bórax, ulexita

CHAPTER II: Use of boron sources and doses in the irrigated industrial tomato crop**Abstract**

Boron sources and doses can contribute positively to increase tomato fruit quality and yield. This paper aimed to evaluate the boron on the industrial tomato development and productivity, using different boron sources and doses. The experimental design was in randomized block with a 3 x 4 x 2 factorial scheme, three sources of boron (Boric acid, Borax, and Ulexite), four doses (0, 1, 2, and 3 kg ha⁻¹) and four repetitions, in two locations, Goianésia (AE I) and Vila Propício (AE II), Goiás State, Brazil. The variables evaluated were stem diameter (mm) (SD), plant height (m) (PH), total number of fruit (TNFP), total number of ripe fruit (NRFP), total number of unripe fruit (NUFP), number of lateral branches (NLB), fruit longitudinal diameter (mm) (FLD) and fruit cross diameter (mm) (FCD), total soluble solids content (°BRIX), hydrogenionic potential (pH), titratable acidity (TA), and yield (kg ha⁻¹) (YIELD). There was no significant difference for the evaluated boron sources, while boron doses influenced statistically the increase in TNFP, NRFP, °BRIX, and YIELD attributes. The boron dose 1.89 kg ha⁻¹ provided the highest yield (119,001.5 kg ha⁻¹) under this study conditions, regardless of sources and location. Boron sources have no significant effects on tomato crop, so both sources can be used for this study conditions.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., borax, boric acid, productivity, ulexite

1.1 Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae, teve origem nas Américas Central e do Sul, de onde, posteriormente, foi disseminado para diversos outros países (Ferreira et al., 2010; Silva et al., 2014). É considerada economicamente uma das culturas mais importantes do mundo, tanto para a indústria de processamento quanto para o consumo in natura (Töfoli et al., 2003; Venema et al., 2005; Sadashiva et al., 2013).

A produção mundial, de acordo com dados do último levantamento feito pela FAOSTAT (2019) na safra de 2017/2017, foi de 182,3 milhões de toneladas, com área de 4,8 milhões de hectares plantados. No Brasil, o tomateiro é cultivado em diversas regiões durante o ano inteiro, sendo considerado a segunda hortaliça em área cultivada e a primeira em volume total de produção (Carvalho et al., 2016). O estado de Goiás tem a maior área plantada no país, 14 mil hectares, o que resultou em uma produção de 1,3 milhão de toneladas na safra 2018/2018 (IBGE, 2019).

A rentabilidade que o cultivo do tomateiro para processamento industrial proporciona para os produtores é um dos fatores que têm contribuído cada vez mais para esse crescimento, pois possibilita rendimentos superiores ao de outros cultivos, que são produzidos de maneira intercalada (Carvalho & Campos, 2009).

De acordo com Marouelli et al. (2005), o excesso de irrigação pode contribuir para o aumento de doenças da cultura, necessitando, assim, de estratégias que visam a fornecer água de forma adequada para a cultura, reduzindo também problemas relacionados a impactos ambientais e gastos com energia.

O sucesso no cultivo da cultura do tomateiro está relacionado a fatores como sanidade, genética, irrigação e à disponibilidade de nutrientes em níveis balanceados. A disponibilidade de nutrientes e de água está diretamente ligada à queda de rendimento da cultura, afetando diretamente a qualidade comercial do produto, necessitando, assim, de um manejo mais eficaz da nutrição mineral e da umidade do solo (Mâcedo & Alvarenga, 2005; Smith & Hui, 2004).

Um dos procedimentos mais importantes durante o ciclo da cultura é a fertilização, pois os nutrientes, quando bem aplicados, podem influenciar e contribuir diretamente para o aumento de produtividade das plantas (Ferreira et al., 2006). As

recomendações de correção e adubação do solo devem ser feitas com base nos resultados das análises de solo e também seguindo critérios relacionados à cultura (resposta média, produtividade e rentabilidade) para os nutrientes absorvidos pelo tomateiro (Macedo et al., 2005).

O boro, embora tóxico em excesso, é essencial nas plantas superiores (Kot, 2009). É um micronutriente primordial para o crescimento e desenvolvimento da cultura do tomate. Atua diretamente na atividade das membranas celulares, desenvolvimento do tubo polínico, metabolismo proteico e fenólico e, principalmente, na germinação dos grãos de pólen (Malavolta et al., 1997). A maior parte das fontes de boro é bastante solúvel, apresentando maior mobilidade e lixiviação no solo, aumentando a procura por fontes de solubilidade mais demorada, retardando a redução pela lixiviação (Mortvedt, 1994).

A deficiência de boro está relacionada com a redução da geminação do grão de pólen, diminuição dos frutos e dos internódios, folhas menores, impedimento do crescimento apical, queda dos frutos e abortamento dos botões florais (Goldbach, 1997). Segundo Princi et al. (2016), o intervalo de concentração entre a deficiência de boro e a toxicidade é estreito e depende das espécies de plantas. Contudo, essas duas condições extremas reduzem severamente o rendimento e a qualidade das culturas em todo o mundo (Tanaka et al., 2008).

Entender sobre a dosagem ideal de boro a ser aplicada para suprir a necessidade das plantas é essencial para que se consiga obter boa eficácia nutricional, corrigindo a insuficiência do micronutriente, sem promover toxidez às plantas (Gondim, 2009). Diante disso, objetivou-se com o presente estudo avaliar a influência de diferentes fontes e doses de boro no cultivo de tomate industrial irrigado sob pivô central.

1.2 Material e Métodos

A primeira área experimental foi na Fazenda Jair Laje, localizada no município de Goianésia (GO), Área experimental I (AE I), Figura 1- A, com coordenadas geográficas 15°20'24.3"S 49°08'37.9"W e altitude de 659 metros. A segunda área experimental foi na Fazenda Pivô da Vila Propício, localizada no município de Vila Propício (GO), Área experimental II (AE II), Figura 1-B, com coordenadas geográficas 15°24'08.9"S 48°53'54.0"W e altitude de 684 metros. Segundo Köppen, o clima dos locais é classificado como tropical de savana, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso (Aw) e média pluvial anual de 1.500 mm. Para ambos os locais, os solos são caracterizados como Latossolo vermelho de textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

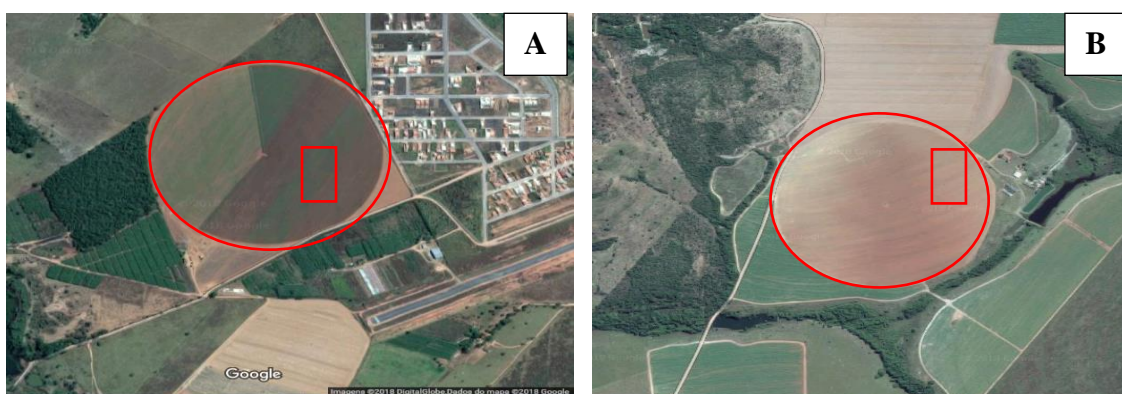


Figura 1. Áreas experimentais. A- Goianésia (GO); B- Vila propício (GO). Fonte: Google Earth (2018) com modificações

A Figura 2 apresenta os dados de temperatura máxima, média e mínima e umidade relativa do ar (%) das áreas experimentais, de abril a agosto de 2018.

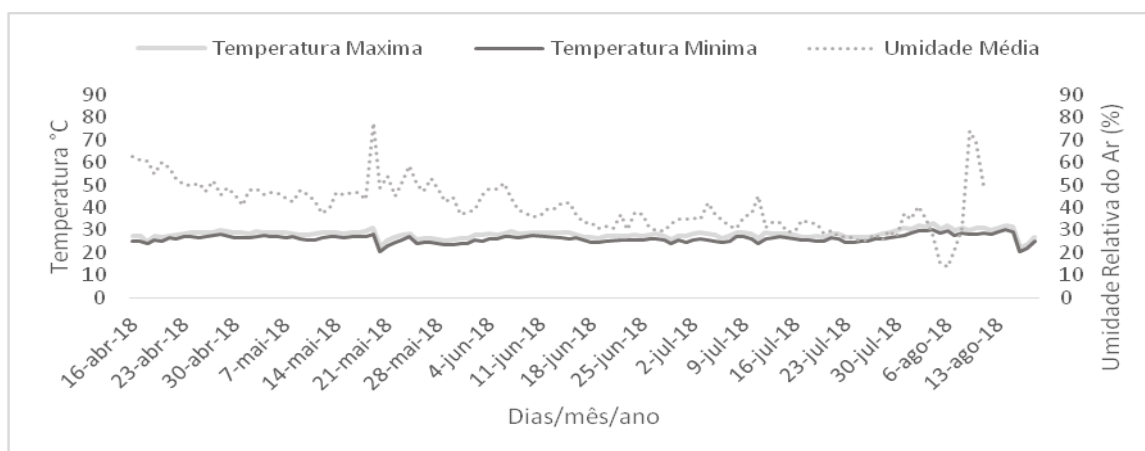


Figura 2. Valores de temperatura máxima, média e mínima e umidade relativa do ar (%) da estação meteorológica localizada no município de Goianésia – GO. Fonte: INMET, (2018)

As análises química e física do solo das áreas experimentais foram feitas anteriormente à implantação do experimento, nas camadas de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas de solo (0-20 cm) da Área experimental (AE I) e Área experimental II (AE II). 2018

AE I										
pH H ₂ O	pH CaCl	M.O.	C.O.	P meh.	K ⁺	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺	H+Al
		mg dm ⁻³			mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			
	5,5	23	13,3	21	205	9	2,81	1,19	0	2,47
Ca+Mg	Ca/Mg	CTC T	CTC t	Soma B	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	H+Al/CTC	Sat. B	Sat. Al
cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			%					
4	2,36	6,99	4,52	4,52	40,2	17	7,5	35,3	65	0
Micronutrientes					Textura					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia	P rem	P res	
mg dm ⁻³					g kg ⁻¹		mg dm ⁻³			
0,25	4,8	27,5	4,78	1,6	406	66	528			
AE II										
pH H ₂ O	pH CaCl	M.O.	C.O.	P meh.	K ⁺	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺	H+Al
		mg dm ⁻³			mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			
	5,1	23	13,3	37,6	169	15,2	2,43	0,95	0	3,35
Ca+Mg	Ca/Mg	CTC T	CTC t	Soma B	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	H+Al/CTC	Sat. B	Sat. Al
cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			%					
3,38	2,56	7,16	3,81	3,81	33,9	13,3	6	46,8	53	0
Micronutrientes					Textura					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia	P rem	P res	
mg dm ⁻³					g/kg		mg dm ⁻³			
0,47	8,16	48,2	4,1	4,58	457	100	443			

Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0. Análise de solo feita pelo laboratório Unisol – Goianésia - GO.

Antes do transplante das mudas, foi feito o controle das plantas daninhas de ambas as áreas experimentais. Posteriormente, foi feita a abertura das linhas de plantio e a adubação, segundo resultados da análise do solo. Foram distribuídos 1.400 kg ha⁻¹ na formulação 04 - 30 – 06: 56 kg ha⁻¹ de N, 420 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 84 kg ha⁻¹ de K₂O mais 7,6% Ca + 8,5% S + 5,4 SO₄, nas linhas de plantio para ambas as áreas experimentais. A adubação foi feita nas linhas de plantio uma semana antes do transplante das mudas do tomateiro. Todos os tratamentos culturais e o manejo fitossanitário foram feitos seguindo recomendações para a cultura do tomateiro para processamento industrial (Naika, 2006).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com um fatorial 3x4x2: como três fontes de boro, foram utilizados ácido bórico (H₃BO₃) (17,48%B), bórax (Na₂B₄O₇.4H₂O) (11,3%B) e ulexita (CaNaB₅O₉.8H₂O) (10%B); quatro doses de boro (0, 1, 2 e 3 kg ha⁻¹); e dois locais, Goianésia (AE I) e Vila Propício (AE II), com quatro repetições.

O híbrido de tomate utilizado foi o Heinz 9553, de maturação concentrada e crescimento determinado, com plena maturação, que pode variar de 110 a 120 dias de acordo com Soares & Rangel (2012), sendo um dos híbridos mais utilizados na atualidade para processamento industrial. A irrigação foi feita por aspersão, utilizando o sistema do tipo pivô central (Figura 3).

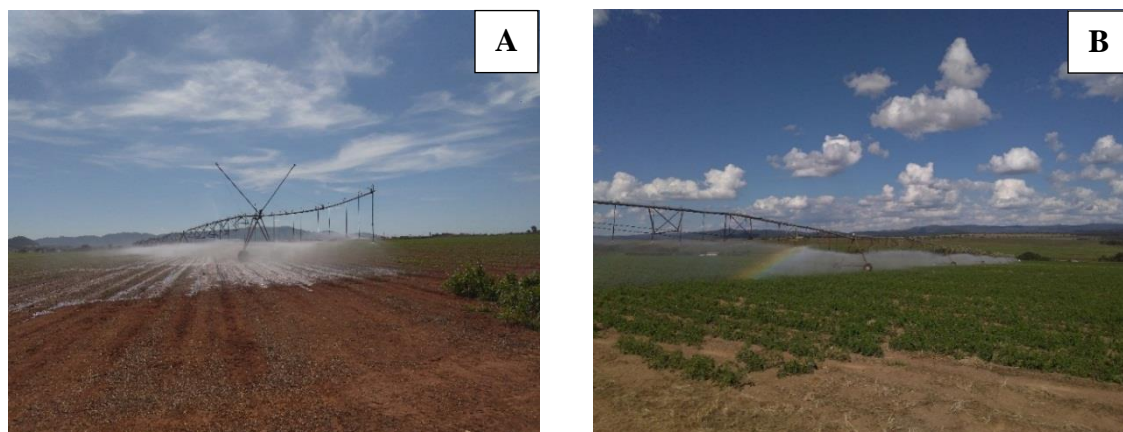


Figura 3. Irrigação nas áreas experimentais. Fonte: Arquivo pessoal

As parcelas experimentais foram compostas por quatro linhas de plantio de tomate espaçadas de 1,10 m entre linhas e de 0,35 m entre plantas (Figura 4-A). A distribuição das fontes e doses do micronutriente boro ocorreu nas quatro linhas de cada parcela antes do transplante das mudas de tomateiro no campo (Figura 4 – B).

1.2.1 Área experimental I

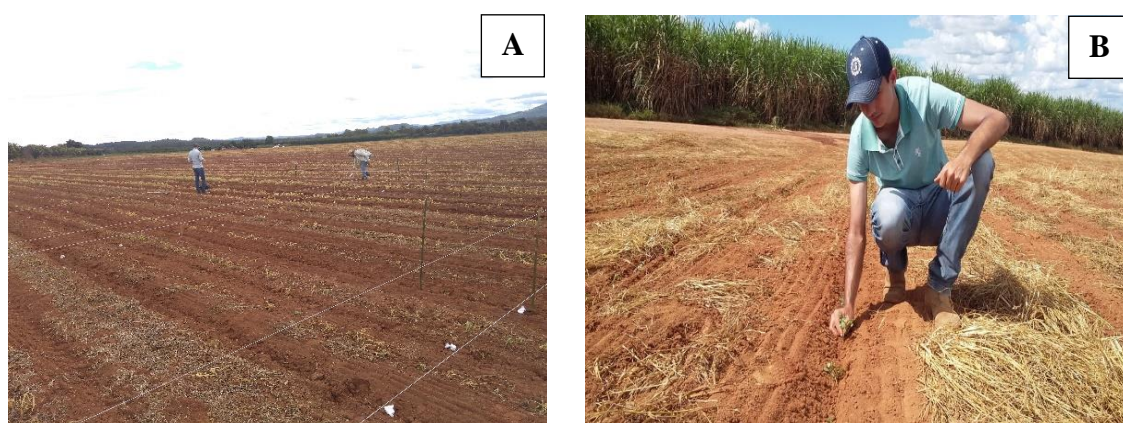


Figura 4. Implantação e distribuição das fontes e doses de Boro. Fonte: Arquivo pessoal.

As mudas de tomate foram transplantadas no dia 16 de abril de 2018 no momento em que apresentavam quatro folhas completamente expandidas. O transplântio foi feito utilizando transplantadora mecânica, com quatro unidades de transplântio, Figura 5-A, e o espaçamento utilizado foi de 1,10 m entre linhas e de 0,35 m entre plantas. A colheita ocorreu no dia 05 de agosto de 2018 e, no total, foram aplicados 433 mm de água durante o ciclo total da cultura. A população final de plantas foi de 24.543 ha⁻¹ (Figura 5-B).

1.2.2 Área experimental II

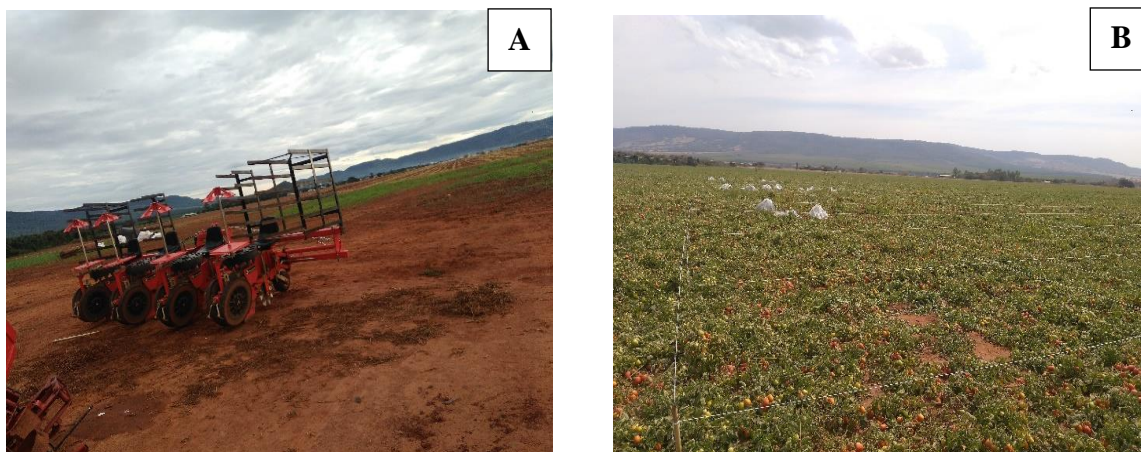


Figura 5. Transplântio (A) e colheita (B) na área experimental I. Fonte: Arquivo pessoal

O transplântio das mudas de tomate ocorreu no dia 29 de abril de 2018, quando apresentavam quatro folhas completamente expandidas, utilizando transplantadora mecânica, com quatro unidades de transplântio, o espaçamento utilizado foi de 1,10 m entre linhas e de 0,35 m entre plantas. A colheita, Figura 6 –B, ocorreu no dia 18 de agosto de 2018 e, no total, foram aplicados 441 mm de água durante o ciclo da cultura. A população final de plantas foi de 26.588 ha⁻¹.

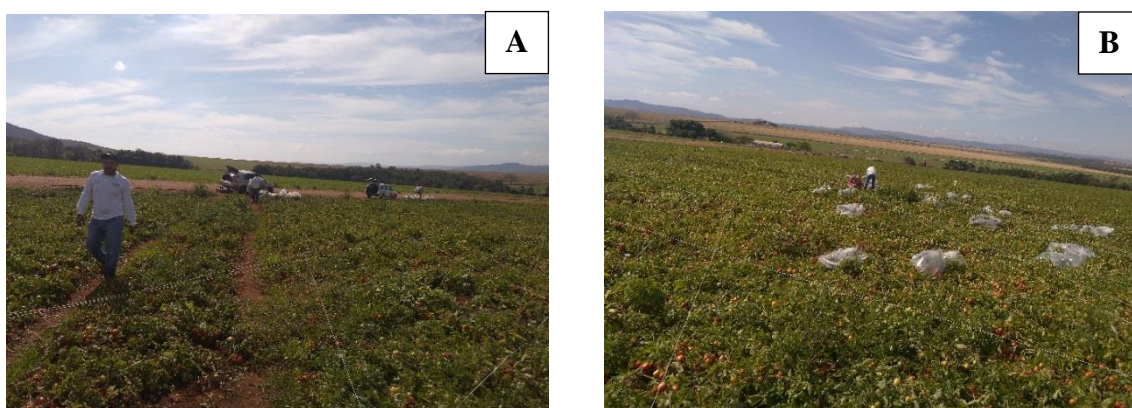


Figura 6. Colheita na área experimental II. Fonte: Arquivo Pessoal

1.2.3 Manejo de Irrigação

Para ambas as áreas, utilizou-se o sistema de irrigação do tipo pivô central. O manejo de irrigação foi feito por tensiômetros instalados nas profundidades de 0 – 20 e de 20 – 40 cm nas áreas.

As leituras do potencial matricial dos tensiômetros foram feitas diariamente, e as tensões para determinação do momento de se irrigar foram definidas de acordo com os estádios da cultura do tomateiro. A irrigação ocorreu sempre que o potencial matricial médio do solo se encontrava nas faixas de 70 kPa no estágio inicial e vegetativo (1° a 32° DAT), 30 kPa na frutificação (33° a 87° DAT) e no estágio de maturação (88° a 110° DAT), que foi de 70 kPa, seguindo recomendações de Marouelli et al. (1991).

As lâminas de irrigação foram estimadas com base na curva de retenção de água do solo, sendo calculadas para elevar o conteúdo de água no solo à capacidade de campo (tensão de 10 kPa).

1.2.4 Características avaliadas

As avaliações foram feitas nas duas linhas centrais, desprezando 0,5 m nas extremidades, sendo coletadas três plantas por parcela. Foram feitas avaliações das seguintes características agronômicas e vegetativas:

Diâmetro do caule (DC) (mm): Foi determinado pela medida da parte do caule próximo ao solo das três plantas coletadas, utilizando um paquímetro digital graduado em milímetros. Os resultados foram estimados de acordo com a média encontrada nas três plantas colhidas por parcela.

Altura de plantas (AP): Foi determinada pela medida da parte basal até o ápice das três plantas coletadas, utilizando fita métrica. Os resultados foram estimados em média através da somatória das três plantas colhidas por parcela.

Número total de frutos (NTFP): Foi obtido pela somatória dos frutos de tomate colhidos nas parcelas, estabelecendo o número médio de frutos por planta.

Número total de frutos maduros (NFMP): Foi obtido pela somatória dos frutos de tomate maduros colhidos nas parcelas.

Número total de frutos verdes por planta (NFVP): Foram contados os frutos de três plantas e feita a média.

Número de ramos laterais por planta (NRLP): Foi obtido pela soma dos ramos de cada planta colhida nas parcelas.

Diâmetro longitudinal de frutos (DLF) e Diâmetro transversal de frutos (DTF): Foram coletados seis frutos de forma aleatória em cada parcela para determinação do diâmetro longitudinal e do diâmetro transversal dos frutos, utilizando paquímetro digital graduado em milímetros.

Produtividade (PROD): Foram coletados todos os frutos em uma faixa de três metros, em seguida, foram pesados com auxílio de balança digital e, posteriormente, estimada a produtividade em quilogramas/hectare (kg ha^{-1}).

Teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{BRIX}$): Foram coletados cinco frutos em cada parcela, levados para o laboratório para quantificação do teor de sólidos solúveis totais expresso em ($^{\circ}\text{BRIX}$), utilizando refratômetro digital da marca HANNAS, modelo Hi96801 (Figura 7 – A).

pH: O pH foi determinado diretamente no suco do tomate. A leitura foi feita no momento da estabilização do pH em aparelho digital, calibrado previamente com soluções tampão s de pH 7,0 e 4,0 (AOAC, 2000).

Acidez titulável (AT): A acidez titulável foi medida em suco de tomate homogeneizado (Figura 7-B). Para tanto, foram pipetados 20 mL do suco e adicionados 20 mL de água destilada e três gotas da solução indicadora vermelho de fenol a 0,1%. A amostra foi agitada até ficar com cor rosada e feita a titulação com NaOH 0,1N até o ponto de viragem. O volume titulado foi anotado para cálculo da acidez titulável, que é expressa em percentagem de ácido cítrico, sendo esse o ácido orgânico presente em maior quantidade nos frutos de tomate (AOAC, 2000).



Figura 7. Refratômetro para leitura do °BRIX° (A) e Acidez titulável em laboratório (B).
Fonte: Arquivo Pessoal

Os dados foram posteriormente submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram ajustadas equações de regressão das variáveis em função das doses de boro. As análises foram feitas com o software R, utilizando o pacote easyanova (ARNHOLD, 2014).

1.3 Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância está apresentado na Tabela 2, com valores e significância do quadrado médio para as variáveis estudadas. O fator de variação local apresentou diferença estatística ($p < 0,01$) para as variáveis AP, DC e NRLP. Observou-se também efeito significativo a (5%) e (1%) de probabilidade para as variáveis NFTP e NFMP, respectivamente, para as interações envolvendo doses. A interação local x fontes influenciou somente no NFVP, enquanto a interação entre fonte x doses influenciou no NFMP.

Tabela 2. Resumo da ANOVA com valores e significância de quadrado médio para os efeitos do local, fontes de boro e doses e as interações local x fontes, local x doses, fontes x doses e local x fontes de boro x doses para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de ramos laterais por planta (NRLP), número de frutos maduros por planta (NFMP) e número de frutos verdes por planta (NFVP), abril a agosto de 2018

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	AP	DC	NRLP	NFTP	NFMP	NFVP
Local	1	0,547 **	91,635 **	13,500 **	189,843 ns	20,166 ns	30,375 ns
Fontes	2	0,0009 ns	1,256 ns	1,760 ns	663,041 ns	129,781 ns	136,572 ns
Doses	3	0,010 ns	1,130 ns	0,625 ns	1229,316 *	559,388 **	43,902 ns
Local*Fontes	2	0,017 ns	1,977 ns	0,031 ns	703,625 ns	262,197 ns	88,156 *
Local*Doses	3	0,004 ns	4,232 ns	0,194 ns	626,899 ns	230,500 ns	6,791 ns
Fontes*Doses	6	0,006 ns	0,831 ns	0,552 ns	283,097 ns	248,753 **	33,225 ns
Local*Fontes*Doses	6	0,013 ns	0,853 ns	1,184 ns	129,680 ns	147,531 ns	24,364 ns
Bloco	3	0,0196 ns	1,429 ns	1,069 ns	95,093 ns	129,083 ns	4,513 ns
Resíduo	69	0,012	1,485	0,721	401,767	102,344	20,492
CV (%)		8,03	9,47	14,72	22,89	15,30	25,71

ns Não-significativo, * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Para locais, observou-se diferença estatística da altura de plantas (AP), tendo a AE I propiciado plantas maiores, apresentando aumento de 11,2% quando comparado com a AE II. A AP não foi influenciada estatisticamente pela aplicação de fontes e doses de boro (Tabela 3).

De acordo com Porto et al. (2014), avaliar o atributo AP é importante para verificar as respostas das plantas aos tratamentos culturais utilizados e, conseqüentemente, seu potencial produtivo.

Rashid et al. (2017) conduziram um experimento em condições de campo para avaliar a influência de cinco doses de boro (0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 kg ha⁻¹) sob a forma de ácido bórico. As aplicações foram feitas no estágio de florescimento da cultura. Os

autores observaram diferença significativa no atributo altura, tendo a dose de 1,5 kg ha⁻¹ proporcionado maior altura de plantas (63,87 cm). Osman et al. (2019) avaliaram o efeito do boro sobre o crescimento e rendimento do tomateiro. Nesse trabalho, os autores aplicaram três doses de boro (0, 1 e 2 kg ha⁻¹) sobre a cultura. Houve diferença significativa para a variável AP, variando de 82,40 a 100,98 cm, da menor para a maior dose aplicada, respectivamente.

Para o atributo diâmetro do caule (DC), observou-se diferença estatística para os locais, tendo a AE I apresentado plantas com DC 16,6% superior quando comparado com a AE II. Não houve diferença estatística para diâmetro do caule (DC) com a aplicação de fontes e doses de boro (Tabela 3).

De acordo com Mazzoni & Trufem (2004), maior diâmetro do caule é capaz de oferecer às plantas a capacidade de translocar maior quantidade de água e nutrientes para a parte aérea, que serão utilizados na fotossíntese da planta, crescimento vegetativo, nos processos metabólicos e no acúmulo de biomassa.

Tabela 3. Altura de planta, diâmetro do caule (DC), número de ramos laterais por planta (NRLP), número de frutos totais por planta (NFTP), número de frutos maduros por planta (NFMP) e número de frutos verdes por planta (NFVP), da cultura do tomateiro industrial, em diferentes locais, fontes e doses de boro, abril a agosto de 2018

Fontes	AP (m)	DC (mm)	NRLP	NFTP
Ac. Bórico	1,41 a	12,83 a	6,00 a	91,66 a
Boróx	1,42 a	13,06 a	5,53 a	82,66 a
Ulexita	1,41 a	12,67 a	5,78 a	88,34 a
Dose				
0	1,38	12,85	5,54	81,29
1	1,43	13,16	5,83	86,75
2	1,42	12,74	5,79	84,42
3	1,42	12,67	5,92	97,75
Locais				
AE I	1,49 a	13,84 a	6,15 a	88,96 a
AE II	1,33 b	11,87 b	5,40 b	86,15 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao atributo número de ramos laterais por planta (NRLP), houve diferença estatística para local, havendo um incremento de 13,8% do NRLP da AE I para a AE II. O NRLP não foi influenciado estatisticamente pela aplicação das fontes e doses de boro (Tabela 3). Ullah et al. (2015), avaliando a produtividade e o crescimento do tomateiro submetido a quatro doses de boro (0, 0,5, 1,0 e 1,5 kg ha⁻¹) em aplicação via foliar, observaram que a dose de 1,0 kg ha⁻¹ do micronutriente resultou em incremento do

NRLP (7,04). Osman et al. (2019) estudaram o efeito do boro na cultura do tomateiro. Foram aplicadas três doses de boro (0, 1 e 2 kg ha⁻¹) na forma de ácido bórico. Os autores observaram incremento significativo no NRLP (17,14) com a aplicação de (2 kg ha⁻¹). Rab & Haq (2012), trabalhando com doses de 0, 0,2 e 0,4 kg ha⁻¹ também relataram incremento do NRLP (6,41) com a aplicação de boro na dose de 0,2 kg ha⁻¹ sobre a cultura do tomateiro.

A Tabela 4 apresenta as médias da interação entre local x fontes sobre a variável número de frutos verdes por planta (NFVP). Observou-se diferença estatística para AE I, tendo apresentado menor NFVP (14,43) quando se aplicou boro na forma de ulexita. Já para a AE II, não houve diferença estatística no NFVP para as fontes utilizadas. Avaliando as fontes dentro de cada local, verificou-se diferença significativa somente para a fonte ácido bórico na AE II, que apresentou menor quantidade de NFVP (17,87).

Tabela 4. Número de frutos verdes por planta (NFVP) do tomateiro para processamento industrial em função de diferentes locais e fontes de boro, independente da dose aplicada, abril a agosto de 2018

Fontes de Boro	Local	
	AE I	AE II
Ácido bórico	21,75 aA	17,87 aB
Bórax	18,31 aA	16,25 aA
Ulexita	14,43 bA	17,00 aA

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada linha e minúsculas comparam médias em cada coluna ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Avaliando o número de frutos totais (NFTP), verifica-se que os locais não apresentaram diferença estatística para esta variável. Estatisticamente, as fontes de boro também não exerceram ação sobre o NFTP para as fontes utilizadas (Tabela 3). Houve diferença estatística para doses de boro, tendo a dose de 0 kg ha⁻¹ apresentado o menor NFTP (81,29) quando comparado com as demais doses aplicadas (1, 2 e 3 kg ha⁻¹), que apresentaram médias 86,75; 84,42 e 97,75, respectivamente. O incremento das doses de boro disponibilizado para as plantas exerceu efeitos significativos ($p < 0,05$) na variável NFTP do tomateiro industrial, se ajustando ao modelo linear crescente conforme a equação de regressão (Figura 8). Observa-se que, na medida em que foi aumentada a dose de boro, a quantidade de frutos totais por planta foi crescente até 3 kg ha⁻¹ de boro, com aumento de 20,25 % em relação à testemunha.

Rab & Haq (2012) verificaram incremento significativo no NFTP com dose 4,0 kg ha⁻¹ de boro, proporcionando 82,84 frutos por planta. Ejaz et al. (2011) também encontraram resultados que mostram eficiência do boro no aumento do NFTP. Haleema et al. (2018) verificaram que a aplicação de boro proporcionou maior número de frutos por planta. Os autores trabalharam com três doses de boro (0, 2,5 e 5,0 kg ha⁻¹) e relataram que o maior NFTP ocorreu quando se utilizou a dose de 2,5 kg ha⁻¹, apresentando uma produção média de 88,14 frutos por planta. Davis et al. (2003) observaram aumento do NFTP com o incremento da aplicação de doses de boro. Isso foi explicado pelo fato de o micronutriente boro participar da fotossíntese ativa, contribuindo no incremento do peso e do número de frutos por planta (Kumar & Sen, 2005). Outro ponto pode ser devido ao boro ser capaz de proporcionar maior número de ramificações e isso, de acordo com Portes (1996), pode contribuir no incremento de estruturas reprodutivas capazes de aumentar o NFTP.

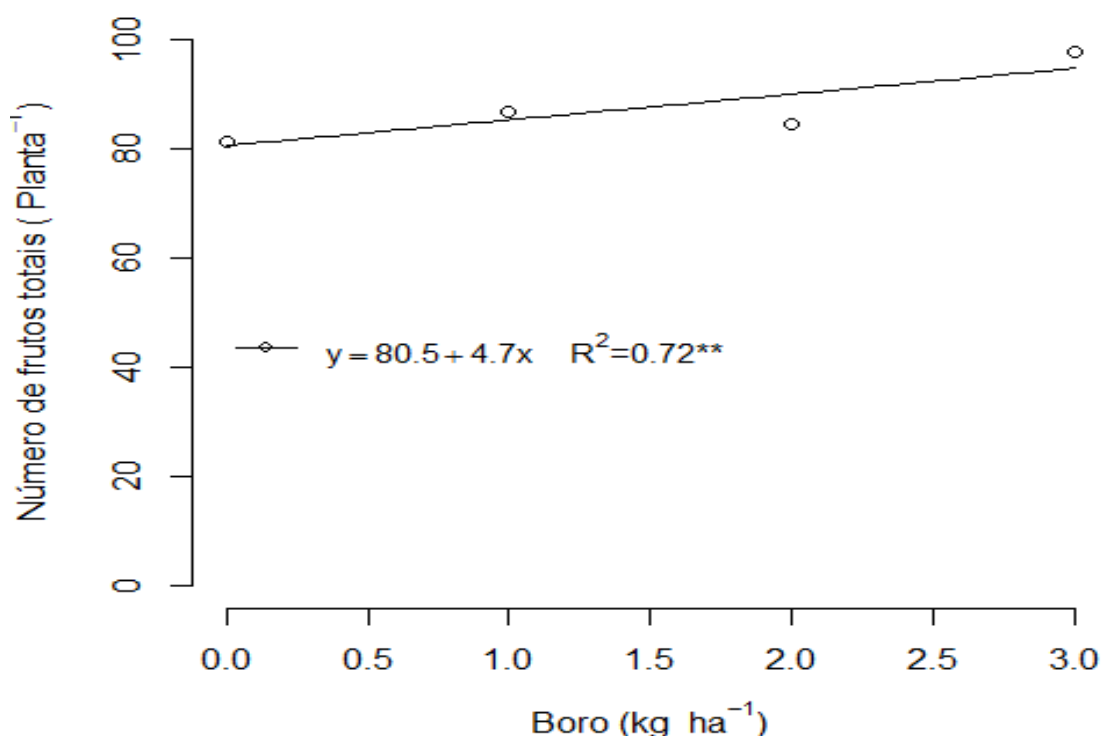


Figura 8. Número de frutos totais por planta (NFTP) em função da aplicação de doses de boro, independente do local e das fontes

Para a variável número de frutos maduros por planta (NFMP), houve diferença estatística para locais, tendo sido verificado que a AE I apresentou produção superior de 1,4%, quando comparada com a AE II. A interação fonte x dose apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) para a variável NFMP. Avaliando o efeito das fontes com a

aplicação de cada dose de boro, verificou-se diferença estatística para as fontes ácido bórico e ulexita, tendo havido para ambas incremento no NFMP com a aplicação de doses boro, quando comparadas com a testemunha. Para a fonte bórax, não foram observadas diferenças estatísticas (Tabela 5).

Tabela 5. Número de frutos maduros por planta (NFMP) do tomateiro para processamento industrial em função de diferentes fontes e doses de boro, independente do local, abril a agosto de 2018

Doses (kg ha ⁻¹)	Fontes		
	Ácido bórico	Bórax	Ulexita
0	61,75 bA	61,25 aA	55,75 bA
1	75,63 aA	61,75 aB	64,88 abAB
2	71,12 abA	64,75 aA	63,13 abA
3	65,13 abA	73,75 aA	76,63 aA

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada linha e minúsculas comparam médias em cada coluna ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

O NFMP do tomateiro industrial apresentou resposta linear crescente para as fontes bórax e ulexita, aumentando o número de frutos maduros por planta conforme o incremento da dose de boro, apresentando, assim, respostas máximas de 73,75 e 74,63, respectivamente (Figura 9). Os incrementos para cada fonte entre a testemunha e a dose máxima foram de 20,4 e 33,84 %, para as fontes bórax e ulexita, respectivamente. Para a fonte ácido bórico, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, com resposta máxima (75,63) obtida quando se aplicou a dose de 1,56 kg ha⁻¹) de boro, correspondendo a um incremento de 22,47 % em relação à testemunha, havendo redução de NFMP a partir dessa dose.

Zamban et al. (2018), avaliando os efeitos de doses boro (0, 2 e 4 g⁻¹) aplicadas via solo em variedades do tomateiro italiano, também relataram que as doses de boro influenciaram no incremento do NFMP. Segundo Desouky et al. (2009), o boro participa ativamente no incremento da qualidade dos frutos por estar associado à maturação de frutos, atividade genética, apresentando importância no papel fisiológico e nos mecanismos de nutrição no desenvolvimento de frutos, beneficiando também a produção e a retenção de flores e, conseqüentemente, maior desenvolvimento de sementes e frutos (Hanson, 1991; Xu et al., 2001).

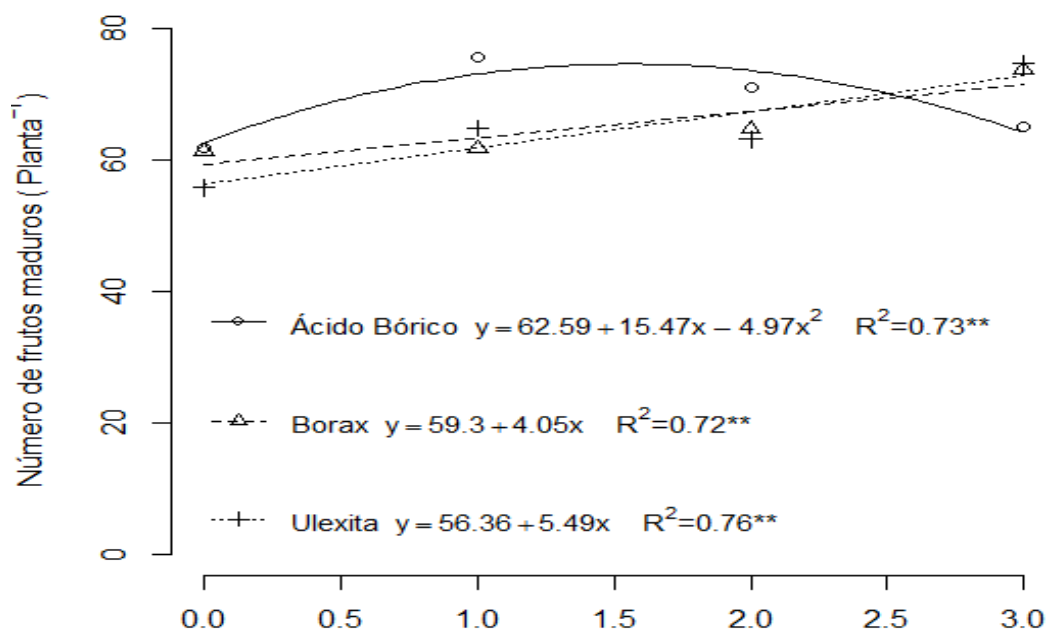


Figura 9. Número de frutos maduros por planta (NFMP) recebendo aplicação de três fontes de Boro, em diferentes doses de boro, independente do local

O resumo da análise de variância com valores e significância do quadrado médio para as variáveis diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal de frutos (DTF), Teor de sólido solúveis totais (°BRIX), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável, e produtividade (PROD) está apresentado na Tabela 6. Os resultados demonstraram que a fonte de variação local influenciou estatisticamente todos os atributos, sendo ($p < 0,01$) nas variáveis DLF, pH e AT; e $p < 0,05$ para DTF, °BRIX e PROD. Verificou-se também efeito estatístico para regressões em função das doses para o atributo °BRIX. A interação local x fontes foi significativa para a variável pH. Nas demais interações, não foram observados efeitos significativos.

Tabela 6. Resumo da ANOVA com valores e significância de quadrado médio para os efeitos do local, fontes de boro e doses e as interações local x fontes, local x doses, fontes x doses e local x fontes de boro x doses para as variáveis diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal de frutos, sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ BRIX), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e produtividade (PROD)

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	DLF	DTF	$^{\circ}$ BRIX	pH	AT	PROD
Local	1	628,838 **	94,962 *	1,815 *	0,198 **	0,001803 **	9100592,61 *
Fontes	2	5,753 ns	5,539 ns	0,568 ns	0,010 ns	0,000073 ns	2602477,40 ns
Doses	3	3,461 ns	6,822 ns	0,980 *	0,011 ns	0,000163 ns	1550295,79 **
Local*Fontes	2	2,447 ns	1,189 ns	0,290 ns	0,043 *	0,000021 ns	1983371,96 ns
Local*Doses	3	9,354 ns	6,197 ns	0,233 ns	0,006 ns	0,000028 ns	8509700,00 ns
Fontes*Doses	6	10,826 ns	9,024 ns	0,089 ns	0,010 ns	0,000070 ns	6368510,80 ns
Local*Fontes*Doses	6	9,683 ns	5,473 ns	0,196 ns	0,024 ns	0,000070 ns	2644392,28 ns
Bloco	3	9,744 ns	6,488 ns	0,133 ns	0,007 ns	0,000022 ns	1325752,78 ns
Resíduo	69	8,0325	9,992	0,26	0,010	0,000061	1604119,78
CV (%)		4,69	6,79	11,27	2,10	19,42	11,37

ns Não-significativo, * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Analisando o atributo diâmetro longitudinal de frutos (DLF), observou-se diferença estatística para os locais com a AE I apresentando frutos com DLF 8,9 % maiores quando comparado com a AE II. Para o DLF, os resultados mostraram que não houve diferença estatística com a aplicação de diferentes fontes e doses de boro (Tabela 7).

Tabela 7. Diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal de frutos (DTF), teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ BRIX), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e produtividade (PROD) da cultura do tomateiro industrial sob diferentes locais fontes e doses de boro, abril a agosto de 2018

Fontes	DLF (mm)	DTF (mm)	pH	AT (%)	$^{\circ}$ BRIX (%)	Prod. (kg ⁻¹)
Ac. Bórico	60,95 a	46,79 a	4,82 a	0,039 a	4,50 a	111834,6 a
Bórax	60,42 a	46,07 a	4,67 a	0,040 a	4,67 a	110323,2 a
Ulexita	60,11 a	46,79 a	4,79 a	0,042 a	4,41 a	111931,3 a
Doses						
0	60,65	46,85	4,81	0,042	4,53	100047,1
1	60,37	46,36	4,80	0,037	4,56	119001,5
2	60,92	47,09	4,80	0,041	4,75	112641,2
3	60,03	45,89	4,84	0,041	4,26	113762,3
Locais						
AE I	63,05 a	47,54 a	4,89 a	0,044 a	4,66 a	114442,0 a
AE II	57,93 b	45,55 b	4,76 b	0,036 b	4,39 b	108284,1 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi observada diferença estatística entre os locais para diâmetro transversal dos frutos (DTF), tendo a AE I apresentado um incremento de 4,1% no DTF em relação à AE II. As fontes e doses não influenciaram no diâmetro transversal de frutos (DTF), não tendo ocorrido diferença estatística para esta variável (Tabela 7).

De acordo com Penteado (2004), o diâmetro dos frutos é uma característica genética da planta, podendo ser influenciado principalmente pelo espaçamento, número de cachos florais na planta e pelo raleio dos frutos. A disponibilidade de água também é um fator que pode promover alterações no diâmetro transversal e longitudinal dos frutos, principalmente sob condições de déficit hídrico, quando pode ocorrer redução na taxa de divisão e alongamento celulares, resultando em menor expansão da parede celular (Silva et al., 2013; Taiz & Zeiger, 2013).

Rashid et al. (2017), avaliando a influência do boro, utilizando cinco doses (0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 kg ha⁻¹), observaram diferença significativa para DLF. Os melhores resultados foram observados na dose de 1,0 kg ha⁻¹, com DLF de 50,7 mm. Já para a variável DTF, os mesmos autores não encontraram diferença significativa, tendo as médias variado de 40,87 a 40,98 mm. Osman et al. (2019) encontraram diferença significativa para estas variáveis. Os autores utilizaram três doses de boro (0, 1 e 2 kg ha⁻¹) na forma de ácido bórico. Para o DLF, o melhor resultado foi de 90,53 mm na dose de 2 kg ha⁻¹, enquanto para o DTF, foi observado 60,97 mm na dose de 2 kg ha⁻¹.

Verificou-se diferença significativa entre locais no potencial hidrogeniônico (pH), tendo apresentado médias de 4,87 e 4,77 da AEI para a AEII, respectivamente. Na acidez titulável (AT), também se observou diferença significativa entre os locais estudados: 0,044 % na AE I e 0,036 % na AE II. Não houve diferença estatística para os atributos pH e AT com a aplicação de fontes e doses de boro (Tabela 7). Nota-se que as fontes de boro avaliadas de forma independente não influenciaram nessas características dos frutos do tomateiro. Ramos et al. (2013) ressaltam que a AT pode ser influenciada por práticas agrônômicas como irrigação, fertilização, além das condições climáticas e estágio de maturação.

Harris & Lavanya (2016), avaliando a eficiência de diferentes concentrações de boro na cultura do tomateiro (150, 250 e 350 mg dm⁻³), encontraram efeitos significativos para o pH dos frutos, que variou de 4,18 a 4,63, sendo as maiores porcentagens encontradas nas doses maiores. Os mesmos autores também encontraram diferença significativa para a variável AT, variando de 0,43 a 0,73.

Segundo Coimbra (2014), a AT mede a quantidade de ácidos orgânicos do fruto, indicando sua adstringência, influenciando diretamente no seu sabor e gastos de energia durante as operações de processamento, como concentração da polpa e esterilização. Os frutos que apresentam uma AT superior a 0,032% são considerados de boa qualidade (Kader et al., 1978). Os resultados de AT encontrados no presente trabalho estão dentro dos padrões de boa qualidade dos frutos.

Observou-se diferença estatística dos locais no variável teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ BRIX), tendo sido verificado incremento de 6,1% da AE I quando comparado com a AE II. O $^{\circ}$ BRIX não apresentou diferença estatística com a aplicação das fontes de boro (Tabela 7). Houve diferença estatística ($p < 0,05$) quando se avaliou a influência da aplicação de doses de boro para essa variável, tendo sido encontrada porcentagem máxima (4,75 %) de $^{\circ}$ BRIX dos frutos com a dose de $1,23 \text{ kg ha}^{-1}$. O modelo que melhor representou a adequação da curva de regressão foi o quadrático (Figura 10). Harris & Lavanya (2016) avaliaram a eficiência de diferentes concentrações de boro na cultura do tomateiro (150, 250 e 350 mg dm^{-3}). As aplicações influenciaram significativamente no $^{\circ}$ BRIX do tomateiro. O melhor resultado foi de 6,0%, encontrado na dose de 150 mg dm^{-3} .

Segundo Ali et al. (2004), o teor de sólidos solúveis totais é considerado um dos principais parâmetros de qualidade dos frutos. O ideal é que os valores de $^{\circ}$ BRIX sejam superiores a 5,0 %, pois assim irão garantir maior rendimento durante o processo de industrialização dos frutos (Cemeroglu et al., 2003; Melo & Vilela, 2005). De acordo com Silva & Giordano (2000), para cada grau $^{\circ}$ BRIX de aumento na matéria-prima há um incremento de 20% no rendimento industrial.

Ullah et al. (2015), avaliando a produtividade e o crescimento do tomateiro submetido a quatro doses de boro (0, 0,5, 1,0 e $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$) também encontraram resultados semelhantes, tendo a dose de $0,05 \text{ kg ha}^{-1}$ propiciado $^{\circ}$ BRIX de 5,47%.

Marschner (1995) ressalta que o micronutriente boro ajuda no movimento vascular do carboidrato, contribuindo para o aumento do °BRIX dos frutos. As principais variedades de tomate utilizadas para processamento têm alto teor de sólidos solúveis, o que melhora as características dos produtos finais (Moelants et al., 2013).

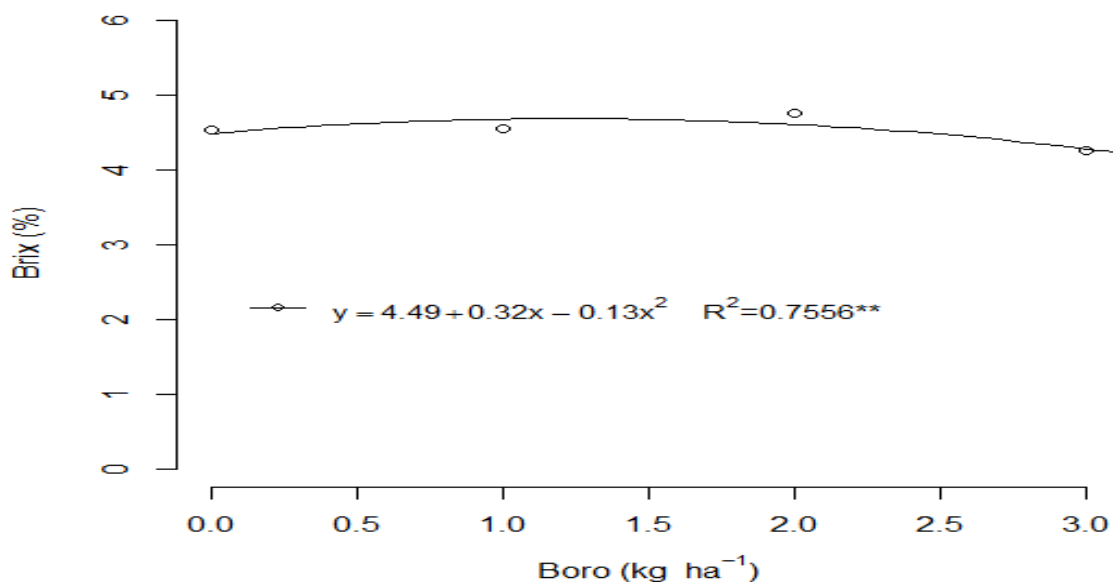


Figura 10. Teor de sólidos solúveis totais (°BRIX) em função da aplicação de doses boro, independente do local e fontes

A avaliação da interação entre local x fonte sobre a variável potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de tomateiro é apresentada na Tabela 8. Na AE I, os resultados foram semelhantes, tendo ocorrido diferença estatística entre as fontes utilizadas. Enquanto para AE II ocorreu diferença estatística, tendo a fonte bórax com as maiores médias de pH (4,82). Avaliando as fontes dentro de cada local, verificou-se diferença estatística somente para a fonte ulexita quando aplicada na AE II, tendo apresentado média de 4,73. Quando se utilizou ulexita, o pH ficou mais próximo do recomendado pela literatura.

De acordo com Monteiro et al. (2008), o pH é um fator intrínseco do alimento, capaz de afetar a capacidade de sobrevivência ou crescimento de microrganismos. O ideal é que ele esteja entre 4,0 e 4,5, pois nessas condições há impedimento da proliferação de microrganismos na polpa de tomate concentrada durante a estocagem (Azeredo, 2012).

Tabela 8. Potencial hidrogeniônico (pH) do tomateiro para processamento industrial em função de diferentes locais e fontes de boro, independente das doses, abril a agosto de 2018

Fontes de Boro	Local	
	AE I	AE II
Ac. Bórico	4,89 aA	4,76 abB
Bórax	4,82 aA	4,82 aA
Ulexita	4,86 aA	4,73 bB

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada coluna e minúsculas comparam médias em cada linha ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Quanto ao atributo produtividade (PROD), observou-se diferença estatística dos locais, tendo a produtividade da AE I ($114.442,0 \text{ kg ha}^{-1}$) sido 5,7% superior à AE II ($108.284,1 \text{ kg ha}^{-1}$). A PROD não foi influenciada estatisticamente com a aplicação de diferentes fontes do micronutriente boro (Tabela 7).

As doses de boro influenciaram significativamente ($p < 0,05$) o atributo produtividade (PROD). O modelo que melhor se ajustou para PROD foi o quadrático (Figura 11). A produtividade máxima ($119.001,5 \text{ kg ha}^{-1}$) ocorreu na dose de $1,89 \text{ kg ha}^{-1}$, mostrando que a produtividade também está associada à adubação com o micronutriente boro na cultura do tomateiro.

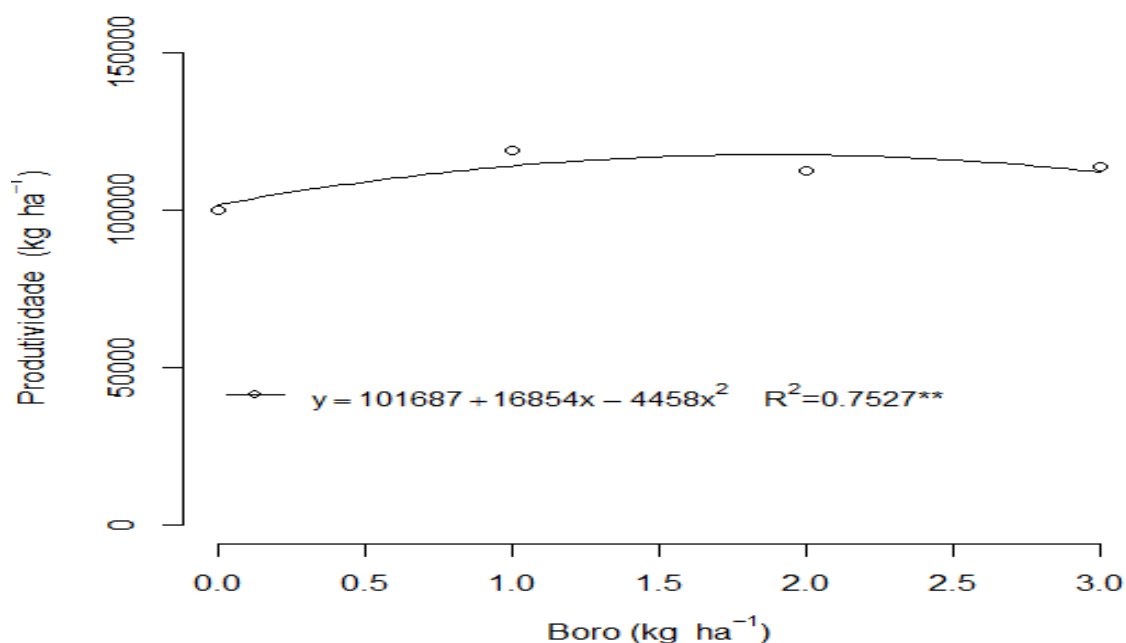


Figura 11. Produtividade (kg ha^{-1}) em função da aplicação de doses boro, independente do local e das fontes

O aumento de produtividade na dose ótima foi de 18,9 % em relação à testemunha. Nota-se que, a partir dessa dose, a produtividade foi decrescendo conforme foram aumentadas as doses de boro.

Rashid et al. (2017), avaliando a influência do boro, utilizaram cinco doses (0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 kg ha⁻¹), e observaram diferença significativa na produtividade, que atingiu rendimentos de 101,4 t ha⁻¹ na dose de 1,5 kg ha⁻¹. Osman et al. (2019), em trabalho desenvolvido para avaliar a influência de doses do ácido bórico (0, 1 e 2 kg ha⁻¹) na cultura do tomateiro, observaram que a doses 2 kg ha⁻¹ proporcionou maior produtividade, 79,2 t. ha⁻¹.

Chand & Prasad et al. (2017) avaliaram a produtividade e a qualidade de frutos de tomate cultivados com diferentes doses de boro e zinco. Os autores observaram que, com o uso isolado do micronutriente boro (0, 100 e 150 mg dm⁻³), a produtividade apresentou diferença significativa, variando de 182,39 a 203,74 t ha⁻¹. Gurmani et al., (2012) e Ullah et al. (2015) também observaram influência positiva das doses de boro sobre a produtividade do tomateiro. De acordo com Sakamoto (2012), a deficiência ou o excesso dos níveis de boro pode comprometer de forma significativa o desenvolvimento das plantas, levando a uma redução da qualidade e da produtividade das culturas. O boro tem grande importância no desenvolvimento e produtividade das plantas, influenciando também na taxa de absorção e utilização de outros elementos essenciais (Mello et al., 2002).

1.4 Conclusões

A dose de boro $1,23 \text{ kg ha}^{-1}$ propiciou maiores valores (4,75 %) de °BRIX nas condições deste estudo.

A dose de boro $1,89 \text{ kg ha}^{-1}$ proporcionou maior produtividade ($119001,5 \text{ kg ha}^{-1}$) nas condições deste estudo, independentemente das fontes e local.

As fontes boro não apresentaram efeitos significativos sobre a cultura do tomateiro, sendo assim, para as condições de estudo, ambas podem ser utilizadas.

1.5 Referências Bibliográficas

Ali, Z. M.; Chin, L. H.; Lazan, H. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. *Plant Science, Limerick*, v.167, p.317–327, 2004.

Arnhold, E. “Easyanova: Anauallahlysis of variance and other important complementary analyzes”, R package version, 2014.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 17ed. Gaythersburg, 2000.

Azeredo, L. F. S. P.; Cordeiro, C. A. M. Análise bromatológica de polpa de tomate industrial. *Hig. aliment*, v.26, n.206/207, p.81-86, 2012.

Carvalho, C.; Kist, B. B.; Treichel, M. Anuário brasileiro de hortaliças. Santa Cruz do Brasil: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016.

Carvalho, C. R. R.; Campos, F. R. Análise dos aspectos econômicos e ambientais da cadeia agroindustrial do tomate no Estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, v.29, p.163-178, 2009.

Cemeroglu, B.; Karadeniz, F.; Ozkan, M. Meyve sebze isleme teknolojisi. *GıdaTecnolojisi Yayınları, Istanbul*, v. 28, p. 469–472, 2003.

Chand, T.; Prasad, V. M. Effect of Micronutrients Spray on Fruits Yield and Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, v.7, n.01, p.80-87, 2017.

Coimbra, K. G. Desempenho agrônômico e caracterização físico-química do tomateiro industrial cultivado com adubação organomineral e química. Brasília: Universidade de Brasília, 2014. 177p. Tese Doutorado.

Davis, J. M.; Sanders, D. C.; Nelson, P. V.; Lengnick, L.; Sperry, W. J. Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.128, n.3, p.441-446, 2003.

Desouky, I. M.; Hagagg, L. F.; Abd El-Migged, M. M. M.; Kishk, Y. F. M.; El-Hady, E. S. Effect of Boron and Calcium Nutrients Sprays on Fruit Set, Oil Content and Oil Quality of Some Oil Cultivars. *World Journal of Agricultural Sciences*, v.5, n.2, p.180-185, 2009.

Ejaz, M.; Waqas, R.; Butt, M.; Rehman, S. U.; Manan, A. Role of macro-nutrients and micro-nutrients in enhancing the quality of tomato. *Int. J. Agron. Vet. Med. Sci.*, v.5, p.401-404, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

FAOSTAT. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 11 jun.2019.

Ferreira, M. D.; Cortez, L. A. B.; Honório, S. L.; Tavares, M. Avaliação física do tomate de mesa 'romana' durante manuseio na pós-colheita. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.321-327, jan./abr.2006.

Ferreira, M. M. M.; Ferreira, G. B.; Fontes, P. C. R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres*, v.57, n.2, p.263-273, 2010.

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

Gondim, A. R. O. Absorção e mobilidade do boro em plantas de tomate e de beterraba. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2009. 76p. Tese Doutorado.

Gurmani, A. R.; Andaleep, R.; Khan, S. U.; Nawab, N. N.; Zafar, M. Biochemical attributes, plant growth and yield of tomato as affected by boron application rates. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, v.34, n.4, p. 946-953, 2012.

Haleema, B.; Rab, A.; Hussain, S. A. Effect of Calcium, Boron and Zinc Foliar Application on Growth and Fruit Production of Tomato. *Sarhad Journal of Agriculture*, v. 34, n. 1, p. 19-30, 2018.

Hanson, E. J. Movement of boron out of tree fruit leaves. *HortScience*, v.26, n.3, p. 271-273, 1991.

Harris, K. D.; Lavanya, L. Influence of Foliar Application of Boro on the quality of Tomato. *Research Journal of Agriculture and Forest*, v.4, n.7, p.1-5, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia estatística, Cepagro - Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2019. p.6.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Estações automáticas: gráficos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php>> Acesso em: 19 dez.2018.

Kader, A. A.; Morris, L. L.; Stevens, M. A.; Albright-Holton, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.103, n.1, p.6-13, 1978.

Kot, F. S. Boron sources, speciation and its potential impact on health. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 8, n. 1, p. 3-28, 2009.

Kumar, M.; Sen, N. L. Effect of zinc, boron and gibberellic acid on yield of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]. *Indian Journal of Horticulture*, v.62, n.3, p.308-309, 2005.

Macedo, J. R.; Capeche, C. L.; Melo, A. S.; Bhering, S. B. Recomendações Técnicas para a Produção do Tomate Ecologicamente Cultivado TOMATEC, Circular Técnica 33, Embrapa Solos - Rio de Janeiro, RJ, dez.2005.

Macêdo, L. S.; Alvarenga, M. A. R. Efeito de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.296-304, 2005.

Malavolta, E; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

Marouelli, W. A.; Silva, H. R. da; Oliveira, C.A. da S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p.1531-1537, 1991.

Marouelli W. A.; Costa E. L.; Silva H. R. Irrigação da cultura da cebola. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 37. 2005; 17p.

Marouelli, W. A.; Silva, H. R.; Silva, W. L. C. Irrigação do tomateiro para processamento. Embrapa Hortaliças: Brasília, marc.2012.

Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

- Mazzoni, V. S. C.; Trufem, S. F. B. Efeitos da poluição aérea e edáfica no sistema radicular de *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) em área de Mata Atlântica: associações micorrízicas e morfologia. *Revista Brasileira de Botânica*, v.27, n.2, p.337-348, 2004.
- Mello, S. C.; Dechen, A. R.; Minami, K. Influência do boro no desenvolvimento e na composição mineral do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v.20, p.99-102, 2002.
- Melo, P. C. T.; Vilela, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. *Horti. Brasil.*, Brasília, v.23, n.1, p.154-157, 2005.
- Moelants, K. R. N.; Jolie, R. P.; Palmers, S. K. J.; Cardinaels, R.; Christiaens, S.; Van Buggenhout, S.; Van Loey, A. M.; Moldenaers, P.; Hendrickx, M. E. The effects of process-induced pectin changes on the viscosity of carrot and tomato sera. *Food and Bioprocess Technology*, v.6, n.10, p.2870-2883, 2013.
- Monteiro, S. C.; Balbi, E. M.; Miguel, G. O.; Penteado, S. P. T. P.; Haracemiv, C. M. S. Qualidade nutricional e antioxidante de tomate “tipo italiano”. *Revista Alimentos e Nutrição*, Araraquara v.19, n.1, p.25-31, jan./mar.2008.
- Mortvedt, J. J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. *Fert. Res.*, v.38, p.213-221, 1994.
- Naika, S.; Jeude, J. L.; Goffau, M.; Hilmi, M.; Dam, B. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA. 2006. 104p.
- Osman, I. M.; Hussein, M. H.; Ali, M. T.; Mohamed, S. S.; Kabir, M. A.; Halder, B. C. Effect of boron and zinc on the growth, yield and yield contributing traits of Tomato. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, v.12, n.2, p.25-37, 2019.
- Penteado, S. R. Cultivo orgânico de tomate. Viçosa: Aprenda fácil, 2004. 214p.
- Portes, T. A. Ecofisiologia. In: Araújo, R. S.; Rava, C. A.; Stone, L.F.; Zimmermann, M. J. O. (Eds.) *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996. p.101-137
- Porto, J. S.; Amorim, T. N. H.; Rebouças, T. N. H.; Lemos, O. L.; Luz, J. M. Q.; Costa, R. Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. *Scientia Plena*, v.10, p.1-8, 2014.

- Princi, M. P.; Lupini, A.; Longo, C.; Miller, A. J.; Sunseri, F.; Abenavoli, M. R. Long- and short-term effects of boron excess to root form and function in two tomato genotypes. *Plant physiology and biochemistry*, v.109, p.9-19, 2016.
- Rab, A.; Haq, I-U Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v.36, n.6, p.695-701, 2012.
- Ramos, A. R. P.; Amaro, A. C. E.; Macedo, A. C.; Sugawara, G. S. de A.; Evangelista, R. M.; Rodrigues, J. D.; Ono, E. O. Qualidade de frutos de tomate “giuliana” tratados com produtos de efeitos fisiológicos. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v.34, n.6, p.3543-3552, 2013.
- Rashid, M. H.; Kawochar, M. A.; Sarker, M. A. I.; Hoque, M. E.; Salahin, N. Response of hybrid tomato varieties to boron application. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, v.42, n.4, p.707-714, 2017.
- Sadashiva, A. T.; Christopher, M. G.; Krithika, T. K. Genetic enhancement of tomato crop for abiotic stress tolerance. In: *Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies*. Springer, India, p.113-124, 2013.
- Sakamoto, T. Role of Boron in plant and soil. *Journal of Citable Reviews of Life Sciences*, v.12, n.20, p.23-29. 2012.
- Silva, J. M.; Ferreira, R. S.; Melo, A. S.; Suassuna, J. F.; Dutra, A. F.; Gomes, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.40-46, 2013.
- Silva, J. A.; Dutra, A. F.; Cavalcanti, N. M. S.; Melo, A. S.; Silva, F. G.; Sulva, J. M. Aspectos agrônômicos do tomateiro “Caline Ipa 6” cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. *Revista Agro@mbiente On-line*, v.8, n.3, p.336-344, 2014.
- Silva, J. B. C.; Giordano, L. B. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000. p.8-11
- Smith J. S.; Hui H. Y. *Food Processing; Principles and Applications*. Blackwell Publishing 1st Ed. 2004. 542p.

Soares, B. B.; Rangel, R. Aspectos industriais da cultura. In: Clemente, F. M. V. T.; Boiteux, L. S. Produção de tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, 2012. Cap.15, p.331-344.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.

Tanaka, M.; Wallace, I. S.; Takano, J.; Roberts, D. M.; Fujiwara, T. NIP6; 1 is a boric acid channel for preferential transport of boron to growing shoot tissues in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, v.20, n.10, p.2860-2875, 2008.

Töfoli, J. G.; Domingues, R. J.; Garcia Júnior, O. Controle da pinta preta por fungicidas e seus impactos na produção. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.29, n.3. 2003.

Ullah, R.; Ayub, G.; Ilyas, M.; Ahmad, M.; Umar, M.; Mukhtar, S.; Farooq, S. Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) as influenced by different levels of zinc and boron as foliar application. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci*, v.15, n.12, p.2495-2498, 2015.

Venema, J. H.; Linger, P.; Van Heusden, A. W.; Van Hasselt, P. R.; Brüggemann, W. The inheritance of chilling tolerance in tomato (*Lycopersicon* spp.). *Plant Biology*, v.7, n.02, p.118-130, 2005.

Xu, F. S.; Wang, Y. H.; Meng, J. Mapping boron efficiency gene (s) in *Brassica napus* using RFLP and AFLP markers. *Plant Breeding*, v.120, n.4, p.319-324, 2001.

Zamban, D. T.; Prochnow, D.; Caron, B. O.; Turchetto, M.; Fontanam, D. C.; Schmidt, D. Applications of calcium and boron increase yields of Italian tomato hybrids (*Solanum lycopersicum*) in two growing seasons. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.*, v.12, p.82- 93, 2018.