



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA**

FELIPE SILVA LOOSLI

**BORO NA PRODUTIVIDADE, ESTADO NUTRICIONAL E QUALIDADE DE
FRUTOS DE TANGERINEIRA “PONKAN”**

Presidente Prudente - SP
2018



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA**

FELIPE SILVA LOOSLI

**BORO NA PRODUTIVIDADE, ESTADO NUTRICIONAL E QUALIDADE DE
FRUTOS DE TANGERINEIRA “PONKAN”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Jose Eduardo Creste

634.304 L863b	<p data-bbox="587 819 1292 996">Loosli, Felipe Silva. Boro na produtividade, estado nutricional e qualidade de frutos da Tangerineira "Ponkan" / Felipe Silva Loos51 – Presidente Prudente, 2018. 48f. : il.</p> <p data-bbox="587 1052 1292 1164">Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2018.</p> <p data-bbox="638 1164 1292 1232">Bibliografia. Orientador: Professor Dr. José Eduardo Creste</p> <p data-bbox="542 1288 1292 1366">1. Citros. 2. Micronutriente. 3. Nutrição. 4. Adubação. 5. Citrus reticulata</p>
------------------	--

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

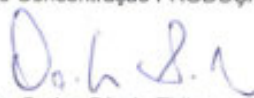
TÍTULO: "BORO NA PRODUTIVIDADE, ESTADO NUTRICIONAL E QUALIDADE DE FRUTOS DE TANGERINEIRA 'PONKAN'"

AUTOR(A): FELIPE SILVA LOOSLI

ORIENTADOR(A): JOSÉ EDUARDO CRESTE

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)



Dr. José Carlos Cavichioli

APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Adamantina(SP)



Prof. Dr. José Eduardo Creste

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Data da realização: Presidente Prudente, 25 de setembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais André Loosli Filho e Renata da Silva Loosli que sempre me apoiaram, incentivaram com muita dedicação e carinho e que são meus exemplos na vida. E também a minha irmã que esteve ao meu lado nesse tempo de pós-graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS que me manteve de pé diante das adversidades, e ter colocado grandes pessoas em minha vida.

Ao professor Dr. José Eduardo Creste, que me orientou, dividiu seus conhecimentos com apoio, amizade e compreensão tornando possível a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Carlos Sérgio Tiritan por tudo em que tem me ajudado se tornando um amigo além de professor.

Aos professores Dr. Fabio Rafael Echer e William Takata que me auxiliaram durante o andamento do curso.

Aos funcionários da UNOESTE, Keid Kruger e Paulo Gomes em quem sempre pude contar em diversos momentos.

Ao prof Dr. José Carlos Cavichioli que foi meu professor na graduação e por ter aceitado integrar a banca de defesa.

**Das sendas celestiais eu não me afastarei
Pois amo sempre mais a doutrina do meu Rei
Jesus me guiará e forças me dará
O Mestre amado comigo está**

**Estou com Jesus, meu Senhor; vou vencer!
Jesus ama os Seus e as coisas de Deus Ihes faz saber
A nada aqui temerei, pois eu bem sei
Que tudo está sob as ordens do meu Rei**

2ª e 3ª estrofe do hino 457 CCB

RESUMO

Boro na produtividade, estado nutricional e qualidade de frutos de tangerineira “Ponkan”

Para se obter níveis de produtividade adequados e de qualidade na citricultura é imprescindível uma equilibrada nutrição mineral. A deficiência ou o excesso de algum nutriente ocasiona perdas quantitativas e qualitativas na produção não só de citros, mas de qualquer cultura econômica. O Boro é um micronutriente intimamente ligado a algumas funções da planta, desde a formação de parede celular até a construção de órgãos reprodutivos, e o desequilíbrio desse elemento principalmente no florescimento acarretará perda direta na produção de frutos. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de Boro sobre os teores de macro e micronutrientes presentes nas folhas e frutos, bem como índices de qualidade e a produtividade da tangerina “Ponkan”. O presente trabalho foi desenvolvido nos anos de 2016 e 2017, em um pomar enxertado em *Citrumelo Swingle* de 12 anos localizado no Campus II da Universidade do Oeste Paulista no município de Presidente Prudente (SP). Foram avaliadas as seguintes dosagens: 0, 1, 2, 3, 4, 5 kg ha⁻¹ de ácido bórico. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, contendo 6 tratamentos com 5 repetições e 1 planta por parcela. Os parâmetros avaliados foram os atributos físicos, número de frutos, tamanho de frutos, massa média de frutos e produtividade (t ha⁻¹) e parâmetros químicos Sólidos Solúveis, Acidez Titulável, e o ‘ratio’. Os resultados foram submetidos à análise de variância ao teste Tukey ($p \leq 0,05$) pelo programa SISVAR. Os resultados mostraram efeitos significativos na massa dos frutos, sólidos solúveis, tamanho dos frutos e número de frutos por planta, sendo que as doses mais eficientes foram de 3, 4 kg ha⁻¹ no primeiro ano e de 4,0 kg ha⁻¹ no segundo ano.

Palavras-chave: citros, micronutrientes, nutrição, adubação, citrus reticulata.

ABSTRACT

Boro in the productivity, nutritional state and quality of tangerine fruit "Ponkan"

In order to obtain adequate levels of productivity and quality in citrus, a balanced mineral nutrition is essential. The deficiency or the excess of some nutrient causes quantitative and qualitative losses in the production not only of citrus, but of any economic culture. Boron is a micronutrient closely linked to some functions of the plant, from the formation of a cell wall to the construction of reproductive organs, and the imbalance of this element mainly in flowering will lead to direct loss in fruit production. The objective of this work was to evaluate the influence of different doses of Boron on macro and micronutrient contents in leaves and fruits, as well as quality indexes and productivity of Ponkan tangerine. The present work was developed in the years 2016 and 2017, in a 12-year-old Citrumelo Swingle grafted orchard located in Campus II of Universidade do Oeste Paulista in the municipality of Presidente Prudente (SP). The following dosages were evaluated: 0, 1, 2, 3, 4, 5 kg ha⁻¹ of boric acid. The experimental design was a randomized complete block design, containing 6 treatments with 5 replicates and 1 plant per plot. The parameters evaluated were the physical attributes, number of fruits, fruit size, average fruit mass and productivity (t ha⁻¹) and chemical parameters Soluble solids, titratable acidity, and the 'ratio'. The results were submitted to analysis of variance to the Tukey test ($p \leq 0.05$) by the SISVAR program. The results showed significant effects on fruit mass, soluble solids, fruit size and number of fruits per plant. The most efficient doses were 3, 4 kg ha⁻¹ in the first year and 4.0 kg ha⁻¹ in the second year

Key words: citrus, micronutrients, nutrition, fertilization, citrus reticulata.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Resultado da análise química do solo da área experimental. Presidente Prudente, SP.....	25
TABELA 2 -	Valores de macro e micronutrientes adequados para plantas cítricas.....	26
TABELA 3 -	Níveis dos nutrientes presentes no solo no ano de 2016, em resposta as diferentes doses de ácido bórico.....	29
TABELA 4 -	Teores foliares de macronutrientes no ano de 2016 em resposta a diferentes dosagens de ácido bórico.....	30
TABELA 5 -	Teores foliares de micronutrientes no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	31
TABELA 6 -	Teores foliares dos macronutrientes no ano de 2017, em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	32
TABELA 7-	Teores foliares dos micronutrientes no ano de 2017, em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	33
TABELA 8 -	Teores foliares dos micronutrientes no ano de 2017, em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	34
TABELA 9 -	Variáveis quantitativas e qualitativas em 2017, da tangerina “Ponkan” em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Precipitação anual em Presidente Prudente nos anos de 2016 e 2017.....	24
FIGURA 2 -	Massa dos frutos da tangerina “Ponkan” no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	35
FIGURA 3 -	Sólidos solúveis do suco da tangerina “Ponkan” no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	36
FIGURA 4 -	Número de frutos da tangerina “Ponkan” no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	38
FIGURA 5 -	Massa de frutos de tangerina “Ponkan” no ano de 2017 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	39
FIGURA 6 -	Diâmetro médio dos frutos de tangerina “Ponkan” no ano de 2017 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Aspectos gerais dos citros.....	14
2.2	Tangerina “Ponkan”.....	15
2.2.1	Porta-enxerto.....	16
2.3	Elemento Boro e funções nas plantas.....	18
2.4	Absorção, mobilidade do Boro no solo e na planta.....	20
2.5	Boro em citros.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Localização.....	24
3.2	Delineamento Experimental.....	24
3.3	Condução do Experimento.....	25
3.4	Variáveis Analisadas.....	26
3.4.1	Número, diâmetro transversal e massa média dos frutos.....	26
3.4.2	Produtividade.....	27
3.4.3	Teor foliar de macro e micronutrientes	27
3.4.4	Análise de solo.....	27
3.4.5	Sólidos Solúveis, Acidez Titulável e ‘ratio’.....	27
3.5	Análise de Dados.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1	Análise de solo.....	29
4.2	Análise foliar.....	30
4.2.1	Resultados de 2016.....	30
4.2.2	Resultados de 2017.....	32
4.3	Produtividade e parâmetros qualitativos.....	34
4.3.1	Resultados de 2016.....	34
4.3.2	Resultados de 2017.....	36
5	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIA.....	42
	ANEXOS.....	47

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo produtor mundial de citros com 16 milhões toneladas, ficando atrás da China que detém 32 milhões de toneladas (safra 2016). Sua produção é liderada por laranjas com 14 milhões, seguido de limões e lima ácida com 1,1 milhões e por último as tangerinas com 900 mil toneladas (FAO, 2017) e a produção brasileira concentra-se no Estado de São Paulo, que é responsável por 74% da produção nacional.

O estado de São Paulo se destaca possuindo uma área de aproximadamente 830 mil hectares onde a produção de citros em 2015 atingiu 290 milhões de caixas de 40,8 kg (IBGE, 2016).

A Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) é uma das tangerinas mais populares e apreciadas pelos brasileiros para consumo *in natura*. As tangerinas, além do valor nutricional e o poder refrescante, apresentam características medicinais excelentes, pois são ricas em vitaminas, fibras e pectina que auxiliam no funcionamento intestinal (PIO et al., 2001).

A relevância econômica dessa atividade tem estimulado pesquisas no sentido de analisar diversos aspectos relacionados ao sistema de produção da cultura.

O estado de São Paulo totalizou, em 2013, 4.833 milhões pés com uma área de aproximadamente 8.122 hectares. Deste total, 59,5% está plantado nos EDRs de Sorocaba, São João da Boa Vista, Jaboticabal, Catanduva, Bragança Paulista, Bauru, Barretos, Mogi Mirim e Campinas (IBGE, 2014).

Apesar da grande diversidade de gêneros, espécies, cultivares e clones de citros, a citricultura ainda é bastante vulnerável uma vez que uma pequena parcela desta diversidade é cultivada nos pomares comerciais. Além disso, o estabelecimento de culturas em locais com alta plasticidade genética de patógenos as torna bastante vulneráveis. Assim, estudos voltados ao melhoramento das cultivares, nutrição e genética são fundamentais para otimização do sistema produtivo (OLIVEIRA, 2006).

Os atributos sensoriais, como aroma, sabor, textura e cor, são influenciados significativamente pela composição química dos frutos, sendo tais atributos influenciados, principalmente, pelos ácidos, açúcares e compostos fenólicos (BRITO NETO et al., 2011).

Ao se estudar a qualidade de tangerinas várias características físicas e químicas podem ser observadas, tais como o peso médio do fruto, a coloração da casca, o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável, o pH e relação SS/AT (*ratio*).

A tangerina “Ponkan” é em sua grande maioria consumida in natura e graças à apreciação de povos asiáticos por esta variedade, observa-se um pequeno aumento das exportações para este mercado.

A fruticultura de maneira geral exige solos férteis. No entanto, no estado de São Paulo, os solos onde se cultivam citros são arenosos de média a baixa fertilidade, possuindo baixos teores de matéria orgânica.

Uma das medidas para solucionar essa problemática é a adubação equilibrada. O uso de fertilizantes para fornecer nutrientes tem sido amplamente utilizado neste cenário, além disso, a adição de adubações com micronutrientes, principalmente como o elemento boro tem ganhado destaque e sido alvo de estudos na citricultura devido a grande utilização pela planta na época de florescimento.

O boro é um micronutriente atuante em vários processos biológicos da planta, dentre eles: formação de parede celular juntamente com o cálcio, proporciona maior desenvolvimento radicular, maior tolerância a pragas e doenças e também tolerância ao déficit hídrico, formação de órgãos reprodutivos e também atua no transporte e fotoassimilador para células do fruto. Doses excessivas de podem acarretar sintomas nas folhas, diminuição na absorção de outros nutrientes e em casos mais severos diminuição da produtividade (MALAVOLTA, 2006).

De acordo com esses argumentos se faz necessário o estudo de diferentes dosagens do elemento em questão, para compreendermos melhor e estabelecermos quantidades adequadas deste nutriente à cultura da tangerina “Ponkan”.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais dos citros

O cultivo dos citros foi introduzido no Brasil ainda no período colonial, e desde então passou a ter grande importância nos hábitos de consumo de nossa população (COUTO et al., 2010).

O Brasil é o maior exportador de frutas cítricas do mundo e as regiões produtoras, principalmente o estado de São Paulo possuem um sistema de produção integrado desde a produção de mudas com viveiros certificados, passando pelo plantio, práticas culturais e de colheita e a produção de sucos (IBGE, 2016).

Na classificação botânica, os Citros são classificados como Espermatófitos, subdivisão das Angiospermas, classe das Dicotiledôneas, e família das Rutáceas, que possui 13 gêneros, dentre eles a *Citrus reticulata* Blanco (tangerinas) e *Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle, um sendo a copa e o outro porta-enxerto formando o indivíduo avaliado no estudo (BELO, 2017).

O gênero *Citrus* pode ser caracterizado por apresentar plantas arbustivas de porte médio, suas flores são induzidas por estresse climático, flores brancas e frutos do tipo baga com vesículas em seu interior contendo os sucos cítricos, 80% de suas raízes se concentram nos 30 cm da superfície do solo (JUDD, et al., 1999).

Em relação aos aspectos edáficos, em todas as regiões produtoras de citros, o pressuposto básico para exploração competitiva dessa cultura é a presença de solos profundos, sem impedimento físico, com boa drenagem e preferencialmente ricos em nutrientes (MATTOS JUNIOR et al., 2009).

Do ponto de vista químico, o pH mais favorável ao cultivo de citros, situa-se entre 6,0 e 7,0 (KOLLER, 2006), sendo que em pH inferior a 4,5, o crescimento radicular dos citros paralisa.

Segundo Ortolani et al. (1991), as espécies cítricas são afetadas por baixas temperaturas e entre 12 e 13 °C há uma redução no metabolismo da planta sendo que a tolerância ao frio é diferente para cada espécie, variedade, estágio fenológico, intensidade e duração, mas a maioria começa a sofrer danos significativos em torno de - 2,2 °C. Com relação às temperaturas elevadas, há paralisação total da planta em torno de 39 °C, porém seu metabolismo começa a

reduzir a partir de 36 °C. Os mesmos autores ainda relatam que regiões que detêm uma precipitação anual variando entre 1000 e 2000 mm, somadas ao fator estresse, necessário para o estímulo floral, apresentam produtividades melhores.

Os pomares comerciais utilizam uma prática milenar difundida na Ásia, que é a enxertia, que consiste a junção de dois indivíduos em um, sendo a parte inferior denominado porta-enxerto (cavalo) e a parte superior, o enxerto (copa). O objetivo da enxertia é proporcionar melhores características da parte aérea e do sistema radicular (IAC, 2017) que contribuem para a produtividade da planta.

Os porta-enxertos normalmente conferem às plantas uma maior resistência às condições desfavoráveis de clima e solo, maior resistência às pragas, doenças, podendo também aumentar a precocidade de produção e proporcionar uma maior produtividade. Além disso, o enxerto ou copa influencia as características qualitativas do fruto como teor de sólidos solúveis, peso, coloração e conseqüentemente na qualidade da produção de sucos (MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

Segundo a Fundecitrus (2004), os produtores de citros paulistas utilizam principalmente dois porta-enxertos, o primeiro é o limoeiro Cravo com 70,6% das mudas produzidas nos viveiros, seguida do citrumeleiro Swingle (*Poncirus trifoliata* x *C. paradisi*), com 17% das mudas. Este tem por característica conferir resistência à doença Gomose, ao nematóide dos citros e à geadas.

2.2 Tangerineira “Ponkan”

A tangerina ‘Ponkan’ é originária da Ásia, e este grupo constitui-se num dos mais cultivados no mundo, sendo comum na China, Japão, Filipinas e Índia. É também a fruta mais popular no Brasil dentre as tangerinas, representando, em 2001, 60% dos plantios dentro do grupo das tangerinas (POMPEU JUNIOR, 2001). A primeira menção da tangerina, conhecida como “Nagpur suntara” ou “Ponkan”, na Europa, foi da sua introdução na Inglaterra em 1805, vinda da China; registros de sua descrição concluíram que era a “Ponkan”, planta de grande renome. Climaticamente, é uma das tangerinas mais tropicais e nessas condições tropicais a fruta alcança tamanho máximo e qualidade, e encontra pouca concorrência de outras tangerinas. Nas regiões subtropicais, no entanto, tem qualidade um pouco

inferior e existem outras variedades que se adaptaram melhor e são mais populares (AMARAL, 1982).

São normalmente alternantes de produtividade. Os frutos são grandes, a casca se solta com mais facilidade que os demais do gênero e sabor doce.

Seus frutos são de forma globosa a oblata e tamanho grande, base comumente com pescoço enrugado, mas relativamente curto forte ou gola baixa; ápice geralmente profundamente deprimido e com sulcos irradiando, com massa média de 138 g; casca de cor alaranjada forte; superfície lisa ou finamente papilada, de espessura média, e vesículas de óleo salientes com casca facilmente destacável. As sementes são pequenas (com cinco a oito sementes), pontiagudas numa extremidade, embrião verde (poliembrionicas). De 9 a 13 gomos facilmente separáveis, eixo grande e oco, polpa brilhante, cor salmão-alaranjado, macia, sumo abundante, doce, aromático; qualidade excelente (FIGUEIREDO, 1991).

Ela possui poucas sementes, em média de cinco a oito por fruto, fator importante para as variedades cítricas que são consumidas “in natura” (PIO et al., 2006). O suco corresponde a 43% da massa do fruto, com teores médios de sólidos solúveis de 10,8%, acidez de 0,85% e razão sólidos solúveis/acidez (*ratio*) de 12,7. O período de maturação dos frutos é de precoce a meia estação e ocorre entre os meses de abril a junho para as condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo, produzindo em média 18 t ha⁻¹ (CITRUS ID, 2013).

2.2.1 Porta-enxerto

A utilização de porta-enxertos na citricultura é indispensável para o bom estabelecimento e longevidade das plantas (FERREIRA, 2014).

Os porta-enxertos afetam mais de 20 características da árvore e dos frutos. No Brasil, o porta-enxerto mais utilizado para as tangerinas é o limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), devido à sua tolerância ao vírus da tristeza dos citros, elevado vigor no viveiro, grande desenvolvimento das árvores enxertadas, tanto no viveiro quanto no campo, rápida entrada em produção, alto rendimento, maturação precoce, compatibilidade com todas as cultivares cítricas e principalmente sua capacidade para induzir resistência à seca (POMPEU JÚNIOR, 2005). Por outro lado, várias pesquisas têm indicado que o limão 'Cravo' não induz

boa qualidade de fruto, tais como, sabor, aroma, cor e doçura, principalmente para cultivares destinadas ao mercado de fruta fresca (CASTLE, 1995).

O Citrumelo “Swingle” é o segundo porta-enxerto mais utilizado no Estado de São Paulo. É um híbrido originário dos Estados Unidos, resultado do cruzamento entre *Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*, sendo empregado amplamente devido à sua tolerância às doenças, à seca, boa longevidade e por substituir muito bem o porta-enxerto de limoeiro “Cravo” (O’BANNON; FORD, 1978, apud MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

Resultado do cruzamento de pomelo ‘Duncan’ com *Poncirus trifoliata* realizado na Flórida em 1907, o citrumeleiro ‘Swingle’ ou ‘4475’ mostra bom desempenho em solos arenosos e argilosos e sob irrigação e fertirrigação. As copas nele enxertadas são de porte mediano, favorável, portanto, a plantios semi-adensados, e um pouco mais tardias para entrar em produção, quando comparadas às sobre limoeiro ‘Cravo’, apresentando boa produção e frutos de boa qualidade tanto para mercado interno quanto para industrialização. Possui tolerância moderada à deficiência hídrica e às geadas. É tolerante à tristeza, exocorte e xiloporose. É resistente à gomose, à verrugose, às geadas e aos nematóides (O’BANNON; FORD, 1978, apud MATTOS JÚNIOR et al., 2005). O citrumeleiro ‘Swingle’ produz frutos com média de 20 sementes, com alta frequência de embriões nucelares, idênticos à planta mãe.

Este porta-enxerto favorece a produção de frutos de alta qualidade. Em copas nele enxertadas, induz maturação dos frutos mais tardiamente que naquelas sobre limão ‘Cravo’. Apresenta um diâmetro de tronco maior que a variedade copa enxertada, sendo incompatível com alguns clones de laranja ‘Pêra’ e com o tangor ‘Murcott’, formando plantas pouco produtivas e de baixa longevidade. Às vezes, mostra sintomas de incompatibilidade com a laranja ‘Bahia’ e a lima da Pérsia. As plantas enxertadas sobre citrumeleiro ‘Swingle’ produzem bem em solos argilosos ou arenosos, porém não apresentam bom comportamento em solos alcalinos ou mal drenados (WUTSHER, 1979, apud MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

O citrumeleiro ‘Swingle’ confere bom desempenho às copas de laranjeiras ‘Baianinha’, ‘Hamlin’ e ‘Valência’ (TEÓFILO SOBRINHO et al., 2000), mas é incompatível com a laranjeira ‘Pêra’ e com o tangor ‘Murcott’ (POMPEU JÚNIOR, 1991). No Rio de Janeiro, árvores da laranjeira ‘Natal’ enxertados sobre citrumeleiro ‘Swingle’ atingiram maior produtividade que as enxertadas em limoeiros ‘Cravo’ e

'Volkameriano', tangerineira 'Cleópatra' e outros porta- enxertos (GRAÇA et al., 2001). Numa avaliação de porta-enxertos para oito variedades de tangerinas e híbridos na região de Bebedouro, o limoeiro 'Cravo' e o citrumeleiro 'Swingle' tiveram as maiores produtividades (EECB, 2008).

O sistema radicular é afetado pela cultivar enxertada sobre ele, devido a taxa de fotossíntese exercida pela copa, além da densidade de plantio, métodos de irrigação e características físico-químicas do solo. O sistema radicular de limoeiro "Cravo" é caracterizado por raízes principais destacadas e laterais vigorosas e o citrumelo "Swingle" apresenta ser mais compacto com muitas radículas menores (CASTLE, 1980).

2.3 O Elemento Boro e suas funções nas plantas

O boro é um micronutriente alvo de estudos devido a suas várias funções assumidas no metabolismo vegetal, sendo fundamental não só para rendimentos elevados, mas também para alta qualidade das culturas (FATIMA, 2013). A deficiência de Boro provoca mudanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas.

O Boro é um elemento químico indispensável para o crescimento das plantas, atuando em várias funções fisiológicas nos vegetais, podendo-se destacar três áreas de atuação do Boro na fisiologia vegetal: 1- componente estrutural na parede celular, 2- função na membrana plasmática e 3- participação em atividades metabólicas (BOLAÑOS et al., 2004), porém determinar com exatidão essas funções é um grande desafio na nutrição de plantas (FATIMA, 2013).

Há relatos da importância do B na composição da parede celular, dos efeitos sobre germinação do pólen e floração e da frutificação das plantas; WIMMER; EICHERT, 2013), e mais recentemente da influência do B na atividade ATPásica (H^+ -ATPase) de membrana plasmática, podendo induzir aumento na absorção de potássio, porém ainda carece de trabalhos e avaliações sobre essa interação e sua relação com as várias culturas de importância para o agronegócio.

Dentre suas funções nas plantas, as mais importantes estão na construção de parede celular, sistema reprodutor (tubo polínico, grão de pólen) combinado com o cálcio, aumento de pegamento de botões florais e frutos. Além

disso, está associado com outros elementos à papéis fisiológicos como transporte de fósforo através de membranas, adequado funcionamento da ATPase e também absorção de potássio, sendo assim pode-se confundir deficiência desses dois elementos, fósforo e potássio, quando na realidade há deficiência de boro (POWER; WOODS apud YAMADA, 2000).

De acordo com Marangoni (2016), plantas com sintomas de deficiência em fósforo, em muitos casos pode ser na verdade consequência da deficiência de boro, pois o boro assim como o potássio, tem função transportadores de P através das membranas celulares. O boro também, juntamente com o zinco são elementos indispensáveis para o correto funcionamento da enzima ATPase. Portanto, sem o boro, há uma redução da eficiência do uso do zinco nesse processo, refletindo na diminuição do potencial da realização fotossintética da planta.

Em plantas cítricas que apresentam sintomas de deficiência de Boro, o fornecimento desse elemento via solo proporciona rápido crescimento de raízes melhorando amplamente a condução de seiva, brotações de ramos e folhas maiores que as deficientes (MATTOS JR et al., 2001).

Em várias culturas observou-se que a deficiência de boro tem efeito significativo sobre a produção até quando não há sinais visuais de deficiência e mesmo quando a concentração de boro está na faixa adequada em virtude da importância desse elemento à nutrição da planta (ASAD; BLAMEY; EDWARDS, 2003).

Segundo Marschner (1995), devido à sua imobilidade no floema, em muitas espécies, o boro tem que ser suprido continuamente, pois, sua baixa disponibilidade no solo comumente afeta o crescimento e produtividade das plantas. O intervalo entre os limites de deficiência e toxicidade de doses de boro é muito estreito, portanto, a toxicidade de boro pode ser tão grave quanto a sua deficiência. O limite crítico para toxicidade na matéria seca de folhas varia acentuadamente entre espécies.

De acordo com O'Neill et al. (2001), as plantas necessitam de contínua disponibilidade de boro, pois o elemento encontra-se em grande concentração na parede celular e havendo-se deficiência, há diminuição da construção da mesma, principalmente de raízes e se não há desenvolvimento radicular, não há correta absorção de Boro e demais nutrientes, gerando-se um “efeito dominó” de deficiências e danos na planta.

2.4 Absorção, mobilidade do Boro no solo e na planta

A absorção de nutrientes pelas plantas depende do crescimento, da eficiência das raízes e da disponibilidade de nutrientes no solo. A deficiência de boro ocorre em solos com baixo teor de argila onde o boro solúvel em água lixivia e torna-se indisponível para as plantas (BOARETTO et al., 2011).

Este nutriente não é encontrado na forma elementar na natureza; na solução do solo a principal e mais importante forma é o ácido bórico (H_3BO_3), que também é aquela absorvida pelas plantas (HERRERA-RODRIGUES et al., 2010).

Segundo Boaretto (2006), o boro é encontrado na natureza combinado com minerais tais como ácido bórico (H_3BO_3), borax ($Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$), ulexita ($CaNaB_5O_9 \cdot 8H_2O$), boracita ($Mg_3B_7O_{13}Cl$) e a colemanita ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$), que são o mais utilizados no meio agrícola. Na tabela periódica, é o único não metal pertencente à família do grupo IIIA e seu número de valência é o +3, tem o número atômico 5 e massa atômica de 10,811 u.m.a., com dois isótopos estáveis de massas 10 e 11, com abundância natural média de $^{10}B = 19,9\%$ e $^{11}B = 80,1\%$ (BIEVRE; BARNES, 1985).

Segundo Malavolta (2006), o processo de absorção de boro não é bem explicado, mas até agora o consenso que se tem é que o processo se dê por difusão através da plasmalema. Sua absorção pelas plantas depende somente da sua atividade na solução do solo, esta, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes existentes no solo, tais como os óxidos de ferro e alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio. Quando o assunto é absorção, o primeiro item a merecer atenção é o contato do elemento com a raiz, que no caso do boro se dá por fluxo de massa.

A absorção do nutriente pelas raízes da planta é influenciada por fatores bióticos e abióticos, tais como: espécie vegetal, tipo de solo, matéria orgânica, teor de boro no solo, pH e espécies iônicas presentes na solução do solo. Entre os fatores relacionados ao solo, o pH é o que tem maior influência na absorção do nutriente pelas plantas (HU; BROWN, 1997). Xu et al. (2002), em estudo com diferentes cultivares de nabo, verificaram que as diferenças nas características morfológicas das raízes interferem na absorção e utilização do boro e outros nutrientes, resultando em diferenças no crescimento e desenvolvimento da planta.

Segundo Malavolta e Violante Neto, (1989), em virtude da dificuldade de translocação no floema, sua aplicação no solo é muito mais eficiente, pois além de elevar rapidamente o seu teor na folha possui também efeito mais duradouro em relação à aplicação foliar feita por contínuas pulverizações. É absorvido da solução do solo principalmente na forma de ácido bórico.

De acordo com BYERS et al. (2001), o ácido bórico (H_3BO_3), possui teor de boro na faixa de 17-18%, seu uso como fertilizante é muito difundido, porém se faz necessário estudos para estabelecer um uso mais eficiente desse fertilizante uma vez que pode ser lixiviado pois é altamente solúvel e também em doses elevadas pode causar sintomas de toxidez para as plantas.

Segundo Mortvedt (1994) a maioria dos solos apresentam, até certa forma, limitação na mobilidade do boro, porém em solos arenosos sob condições de elevada precipitação ou irrigação este elemento pode ser altamente lixiviado.

Page e Cooper citados por Gupta (1993) demonstraram que as perdas por lixiviação em solos arenosos chegaram a 85% do total do boro aplicado após a adição de 12,5 cm de água, situação explicada pelo baixo poder de fixação do elemento neste tipo de solo e, conseqüentemente, maior movimentação e lixiviação do boro.

2.5 Boro em citros

Conforme Boaretto et al. (2011), não há uma posição concreta sobre a mobilidade do elemento Boro em plantas cítricas, porém de acordo com estudos, há um consenso em dizer que o Boro é imóvel ou pouco móvel nos citros, fazendo-se necessário o fornecimento do mesmo ao longo do desenvolvimento da planta para suprir a demanda para os tecidos meristemáticos de formação e florescimento.

A pulverização com boro é a forma mais comum de prevenir ou corrigir a deficiência do nutriente. Entretanto, quando houver novas brotações a deficiência de boro pode voltar a ocorrer devido a baixa translocação do nutriente na planta, pois, os citros não sintetizam os poliois compostos que complexam o boro e facilitam o transporte do nutriente no floema (BOARETTO, 2006), podendo-se inferir que o fornecimento mais eficiente é o via solo.

Encontra-se alguns trabalhos que discorrem sobre os principais sintomas de deficiência como, diminuição do tamanho das folhas, menor desenvolvimento do sistema radicular, amarelecimento das nervuras nas folhas mais velhas, queda prematura dos frutos, aumento das brotações laterais e pode ocorrer morte do meristema apical. Nos frutos ocasiona deformação nos mesmos, redução do tamanho, diminuição na quantidade de suco e formação de bolsas de gomas no albedo com escurecimento das áreas em torno dessas bolsas, caindo drasticamente a qualidade dos frutos com destino ao mercado “in natura” (RIVERO, 1964).

Segundo Papadakis et al. (2004), há uma pequena faixa entre a deficiência e toxicidade do nutriente, porém foi encontrado sintoma visual de toxidez, quando o teor foliar de boro foi superior a 444 mg kg^{-1} em folhas velhas de laranja.

Nas plantas cítricas, há dois períodos durante o ano em que a demanda de boro ocorre com maior intensidade, que são na época de florescimento e formação de ramos e folhas novas (CASTRO et al., 2001).

Segundo Mattos Junior et al. (2005), na citricultura brasileira, as maiores e mais frequentes deficiências entre os micronutrientes são B, Zn e Mn nessa ordem decrescente, e esse fato deve-se à lixiviação, baixo teor de matéria orgânica nos solos brasileiros, acidez e também calagem excessivas e altas doses de adubação nitrogenada (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989). Conforme Mengel et al. (2001) o fato do boro ser propenso à lixiviação se dá ao fato de que solos com pH entre 4 a 8 e o nutriente estar presente na solução do solo em forma de ácido bórico.

O Grupo Paulista de Adubação de Citros – GPAC (1997), recomenda para áreas de citros em geral a aplicação de 2 kg ha^{-1} de boro, na forma de ácido bórico em pomares adultos divididos em duas parcelas durante o ano.

Em estudo com boro em citros, Pompeu Jr. (2008) avaliou respostas a tolerância de toxicidade de Boro em laranja enxertada sob porta-enxertos de limoeiro “Cravo” e Citrumelo “Swingle”, nas doses (0, 2, 3, 4 e 6) Kg ha^{-1} . O autor encontrou que as plantas enxertadas sob limoeiro “Cravo” foram mais susceptíveis a doses elevadas de Boro, concluindo que plantas enxertadas sob Citrumelo “Swingle” são mais tolerantes a altas doses de Boro no solo.

Há demanda diferencial de porta-enxertos de citros por boro, conforme observada em Boaretto et al. (2006), cuja exigência nutricional de boro em laranjeiras jovens enxertadas em Swingle foi maior que em Cravo em ambiente

controlado. Também observações em campo relatam que alguns sintomas de deficiência de boro têm sido mais frequentes no porta-enxerto Swingle (BOARETTO et al., 2011).

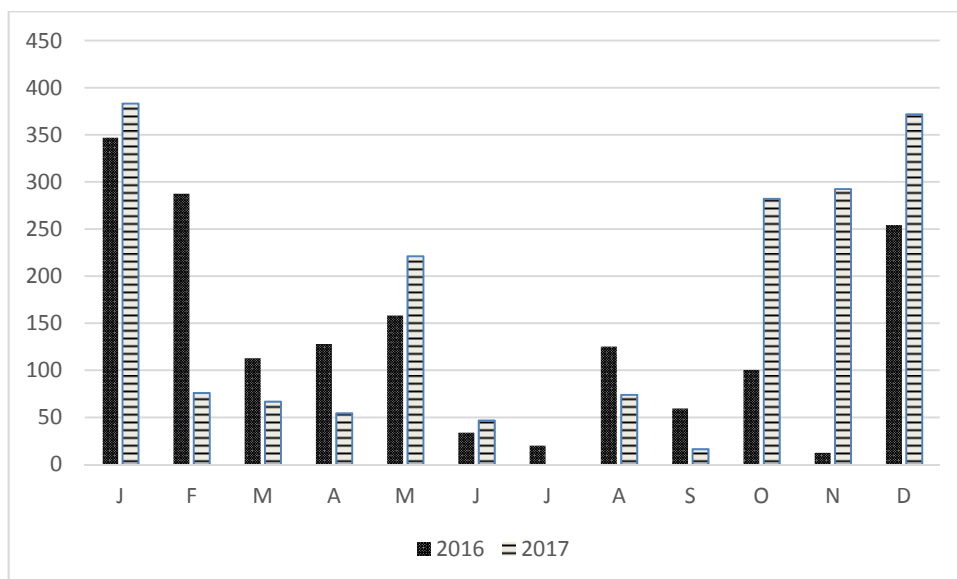
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi conduzido em uma área experimental da Universidade do Oeste Paulista, utilizando-se de um pomar de tangerina “Ponkan” localizado na Rodovia Raposo Tavares- km 574, Presidente Prudente-SP, Latitude: -22.1276, Longitude: -51.3856 22° 7' 39" Sul, 51° 23' 8" oeste, enxertado em *Citrumelo Swingle*, nos anos de 2016 e 2017, cujo plantio foi em 2005. O solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distroférico de textura arenosa média de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Os dados pluviométricos ocorridos durante os anos do experimento estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1- Precipitação anual em Presidente Prudente nos anos de 2016 e 2017.



3.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, contendo 6 tratamentos (seis doses de boro), com 5 repetições e 1 planta por

parcela. Os tratamentos avaliados no experimento foram seis doses de boro na forma de ácido bórico (0, 1, 2 3, 4 e 5 kg ha⁻¹).

3.3 Condução do Experimento

O espaçamento das plantas do pomar de 6,0 x 2,8 metros, permite uma densidade de 595 plantas/hectare.

Em janeiro de 2016, foi realizada amostragem de solo, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm para fins de na análise química do solo.

Com base nos resultados da análise química do solo (Tabela 1), realizada no laboratório de análises de solos da UNOESTE, realizaram-se a correção e adubação do solo.

Tabela 1- Resultado da análise química do solo da área experimental. Presidente Prudente, SP.

Prof. (cm)	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	C total (mg m ⁻³)	P (mg m ⁻³)	S- SO ₄ (mg m ⁻³)	Al ³⁺ (mmolcd m ⁻³)	H+Al (mmolcd m ⁻³)	K (mmolcd m ⁻³)	Ca (mmolcd m ⁻³)	Mg (mmolcd m ⁻³)	SB (mmolcd m ⁻³)	CTC (mmolcd m ⁻³)	m (%)	V (%)	B (%)
0-20	4,7	3,7	***	7,9	2,1	1,6	12,2	1,4	5,2	3,6	10,2	22,4	13,6	45,5	0,3
2040	4,1	2,1	***	7,0	1,8	1,2	9,2	1,0	4,8	2,8	8,6	12,3	14	33	0,2

A aplicação do boro foi realizada numa única etapa em fevereiro de 2016 aplicando-se as seguintes doses de boro 0, 1, 2, 3, 4 e 5 kg ha⁻¹ misturadas em 1 kg de sulfato de cálcio na projeção da copa, para melhor distribuição.

Em abril de 2016, para cada parcela, foram realizadas análises químicas de solo e de folhas. Também foram colhidos os frutos e contabilizadas variáveis quantitativas como produtividade (kg ha⁻¹), número de frutos, diâmetro de frutos, massa média de frutos (gramas), e variáveis qualitativas como SST, acidez titulável e “ratio”.

A calagem e a gessagem foram realizadas em janeiro de 2016 utilizando-se a quantidade de 0,7 tonelada por hectare de calcário, usando como

base o método de elevação da saturação por bases elevando até 70% e calcário com PRNT 85% e 0,5 tonelada de gesso, pelo método argila.

Em culturas perenes em produção, a incorporação de corretivos da acidez é complexa, devido às características intrínsecas dessas culturas e à falta de informações científicas e técnicas (QUAGGIO, 1986). Nessas situações, a mobilização mecânica do solo em profundidade fica comprometida, devido aos riscos de danos ao sistema radicular das plantas (VITTI et al., 1996). Além disso, as injúrias causadas às raízes pelo uso de implementos podem agravar os problemas fitossanitários delas decorrentes. De acordo com os argumentos descritos acima a calagem e gessagem foram realizadas a lanço, porém não incorporado para preservar a estrutura radicular das plantas.

Na Tabela 2, são apresentados teores foliares considerados adequados de macro e micronutrientes para plantas cítricas segundo Quaggio (2017).

Tabela 2- Valores de macro e micronutrientes adequados para plantas cítricas

N	P	K	Ca	Mg	S
25 - 30	1,2 – 1,6	12 - 16	(g kg ⁻¹) 35 - 50	3,5 - 5	2 – 3
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
75 - 125	8 - 12	50 - 120	(mg kg ⁻¹) 35 - 75	0,1 – 1,0	50 - 75

Fonte: Quaggio (2017)

3.4 Variáveis Analisadas

3.4.1 Número, diâmetro transversal e massa média dos frutos

O número de frutos foi obtido pela contagem dos frutos após cada colheita. Para determinação do diâmetro médio dos frutos, coletou-se uma amostra de dez frutos por parcela, medindo-os com auxílio de um paquímetro de precisão de

0,1mm. A massa média dos frutos foi obtida pesando-se uma amostra de dez frutos por parcela, com auxílio de uma balança de precisão de 1 g.

3.4.2 Produtividade

Após cada colheita, os frutos foram pesados em uma balança de vara convencional, calculando-se a produtividade, em kg ha^{-1} .

3.4.3 Teor foliar de macro e micronutrientes

Foram coletadas 50 folhas por planta, (3 ou 4ª folha de ramos produtivos na altura mediana da planta). Estas foram coletadas e analisadas segundo a metodologia descrita em Malavolta et al (1997) para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

3.4.4 Análise de solo

A análise química de solo foi realizada retirando quatro amostras ao redor de cada planta, na projeção da copa na camada de 0 - 20 cm de profundidade. Estas foram homogeneizadas e enviadas para o laboratório para as análises químicas, segundo a metodologia descrita em Raij et al (2001).

3.4.5 Sólidos Solúveis, Acidez Titulável e 'ratio'

Foi extraído o suco das frutas de cada parcela e realizadas as avaliações do teor de Sólidos Solúveis (°Brix), Acidez Titulável e o 'ratio' que é a razão entre esses dois valores.

A acidez titulável foi avaliada por titulação com NaOH a 0,085 N. O cálculo do teor de acidez foi realizado aplicando-se a seguinte fórmula: $\% \text{ ATT} = V \times N \times 0,064 \times 100/G$, sendo V, volume de hidróxido de sódio gasto na titulação, em ml;

N = normalidade do NaOH; 0,064 = fator para expressar a acidez em ácido cítrico, em meq; G = massa da amostra (6 g). O teor de SST foi obtido pingando-se gotas de suco, retiradas da amostra homogeneizada, em um refratômetro de bancada, segundo a metodologia descrita por Reed et al. (1986).

3.5 Análise de Dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a comparação das médias pelo de Tukey a 5% de probabilidade e também à análise de regressão polinomial por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise de solo

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar que as doses de boro não afetaram as quantidades dos macro e micronutrientes presentes no solo e mesmo a quantidade de boro presente no solo não sofreu influência significativa, porém, pode-se observar um pequeno aumento conforme aumenta-se as doses.

Conforme o resultado do primeiro ano (2016), foi constatado que a aplicação de boro não causou influência sobre os valores dos nutrientes do solo, não necessitando análise de solo no ano seguinte (2017).

Tabela 3- Níveis dos nutrientes presentes no solo no ano de 2016, em resposta as diferentes doses de ácido bórico.

Ácido bórico (kg ha⁻¹)	P mg dm⁻³	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Zn
		mmolc dm⁻³				mg dm⁻³		
0	8,5	8	2,3	1,8	0,38	4,00	20,5	0,3
1	2,2	9,8	3,7	1,5	0,39	3,90	24,7	0,5
2	2,7	6,2	2,0	1,4	0,40	1,70	16,1	0,2
3	2,6	8,6	1,9	1,4	0,41	6,00	21,4	0,3
4	2,9	9,1	4,4	2,6	0,42	2,80	11,8	0,3
5	13,0	8,2	2,9	1,8	0,42	5,70	30,2	0,4
L	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Q	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

ns = não significativo

Em experimento em laranja pera Quaggio (2003), encontrou resultado semelhante, em que aplicando-se diferentes doses de boro, na forma de ácido bórico, os nutrientes presentes no solo, no primeiro ano de coleta, não sofreram diferenças estatísticas, apenas os níveis de Boro, conforme as doses 0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹, diferenciou-se estatisticamente aumentando linearmente o teor de boro na camada arável do solo de 0-20 cm, obtendo-se respectivamente os resultados 0,3; 0,9; 1,4 e 1,7 kg ha⁻¹,

Os resultados obtidos neste experimento podem ser explicados por dois fatores: grande quantidade de chuvas no período, com a possível lixiviação do elemento do solo e, no caso do cálcio, pelo fato da não incorporação do sulfato de cálcio, do calcário e do gesso no solo, Fidalski et al (2006) em experimento com calagem superficial em laranjeiras em um solo arenoso apenas encontrou resposta á calagem quando aplicado em quantidade maiores que o dobro da necessidade calculada, em condições normais não foram encontrados efeito de calagem nos atributos do solo bem como o teor de cálcio.

4.2 Análise foliar

4.2.1 Resultados de 2016

Os macro e micronutrientes presentes nas folhas não apresentaram diferença significativa ao teste F (0,05) em função das diferentes aplicações de ácido bórico no solo.

Tabela 4- Teores foliares de macronutrientes no ano de 2016 em resposta a diferentes dosagens de ácido bórico.

Ácido bórico (kg ha⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg⁻¹					
0	28,0	0,90	17,0	16,0	2,6	1,6
1	25,9	1,10	17,0	18,0	3,3	1,7
2	25,3	0,92	18,0	20,0	2,9	1,2
3	26,9	1,20	19,0	21,0	3,9	1,8
4	27,3	1,40	19,0	20,0	3,6	1,5
5	26,1	1,33	20,0	20,0	3,4	1,7
L	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Q	NS	NS	NS	NS	NS	NS

ns = não significativo

Em experimento com varias especies de frutiferas, Lavin (1988), aplicou 25g de Ulexita por planta via gotejamento durante dois anos consecutivos e

encontrou diferentes valores de boro presentes nas folhas sendo que as culturas de framboesa, caqui, pistache e noqueira, foram as que apresentaram maiores sintomas de toxidez, com níveis foliares de boro em torno de 841, 1030, 699 e 900 mg kg^{-1} , respectivamente.

Já nas culturas da maçã, nectarina, pera e damasco não foram encontrados valores excessivos e sintomas de toxidez, e após dois anos de irrigação por inundação, as plantas já estavam recuperadas da toxidez e níveis foliares de boro restabeleceram a normalidade, concluindo que toxicidade de Boro divergente entre culturas, tipo de solo, fonte aplicada e regime de chuvas.

Tabela 5- Teores foliares de micronutrientes no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.

Ácido bórico (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe mg kg^{-1}	Mn	Zn
0	80,0	25,7	67,8	48,3	33,1
1	80,0	26,1	90,0	49,4	43,4
2	72,0	23,3	57,3	40,0	50,1
3	68,0	23,0	71,4	51,7	34,3
4	69,0	24,2	80,5	52,2	45,5
5	74,0	22,6	91,8	53,4	61,6
L	NS	NS	NS	NS	NS
Q	NS	NS	NS	NS	NS

ns = não significativo

A aplicação de diferentes doses de boro, foram realizadas em janeiro onde há grande quantidade de precipitação, já em contrapartida, no meses seguintes, março e abril, houve pouca quantidade de chuvas, pode ser também que a baixa precipitação na região nesses dois meses não tenha sido suficiente para o processo de absorção/transporte e acúmulo de boro nas folhas.

Este resultado de não influencia nos macro e micro também foram observados por Bologna et al. (2003) que estudou diferentes fontes e doses de Boro em laranja pera, aplicando ulexita, colemanita, termofosfato magnésiano com boro e

ácido bórico nas doses de 0, 1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹, também não verificou influência sobre Ca, Mg e K. Os resultados foliares de boro divergem da autora pois foi encontrado diferença estatística pelas doses de ácido bórico nos seguintes valores de 153, 204, 248 e 283 mg kg⁻¹. Esta divergência pode ser explicada parcialmente pela forma de aplicação pois no estudo da autora a aplicação foi feita de forma localizada na faixa lateral enquanto do presente trabalho á lanço, distribuída na projeção da copa.

4.2.2 Resultados de 2017

No segundo ano produtivo, que ocorreu em 2017, não foram encontradas influências significativas do boro sob os macro e micronutrientes presentes nas folhas (Tabelas 6 e 7). Este fato deve-se à dois fatores associados: 1- clima subtropical do estado de São Paulo que possui verões muito chuvosos e solos bem drenados que facilitaram a lixiviação do nutriente e 2- ao porta enxerto citrumelo “Swingle” que é mais resistente à doses excessivas de boro comparado ao porta enxerto limoeiro “Cravo”, mais utilizado no estado.

Tabela 6- Teores foliares dos macronutrientes no ano de 2017, em resposta a diferentes doses de ácido bórico.

Ácido bórico (kg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
0	24,3	1,1	13,0	21,2	3,4	1,1
1	24,6	1,1	10,8	18,9	3,7	1,0
2	24,3	1,1	12,2	21,7	3,5	1,1
3	24,9	1,0	12,1	25,2	4,0	1,3
4	25,7	1,1	14,3	23,8	4,0	1,2
5	23,6	1,1	12,4	19,4	3,2	1,0
L	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Q	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = não significativo

Esses resultados divergem parcialmente dos verificados por Quaggio (2003), que estudou as doses 0, 2,4 e 6 kg ha⁻¹ de ácido bórico em laranja Pera durante três anos consecutivos onde as diferentes doses apresentaram diferenças estatísticas nos elementos K e B apresentando valores foliares no segundo ano respectivamente (6,8; 7,2; 8,1 e 9,0) g kg⁻¹ e (70, 217, 308 e 334) mg kg⁻¹. Já, para os outros nutrientes não houve diferença estatística pelas doses de boro, porém os valores encontrados estão abaixo dos valores encontrados pelo autor.

Tabela 7- Teores foliares dos micronutrientes no ano de 2017, em resposta a diferentes doses de ácido bórico.

Ácido bórico (kg ha⁻¹)	B	Cu	Fe mg kg ⁻¹	Mn	Zn
0	57,1	6,0	27,7	39,1	22,7
1	44,9	4,8	70,5	33,0	29,8
2	54,1	6,4	54,5	36,3	56,4
3	59,7	6,0	52,3	54,3	49,1
4	61,5	6,4	56,6	36,9	25,9
5	54,9	7,0	52,9	35,0	27,1
L	NS	NS	NS	NS	NS
Q	NS	NS	NS	NS	NS

NS = não significativo

Em experimento com laranjeiras, Ferreira (2014), avaliou a resposta a diferentes doses de Boro sobre os teores foliares de potássio devido sua função associado ao boro na enzima ATPase, e encontrou significância estatística ($p < 0,05$) concluindo que ao aumentar a solução de Boro aumentou-se o valor de K nas folhas da laranja, este resultado não encontrado no nosso trabalho pode ser explicado pelo fato de ser a campo e em plantas com 13 anos de idade, enquanto o trabalho de ferreira foi instalado em ambiente protegido, com mudas plantadas em vaso e o Boro aplicado na forma de solução nutritiva.

Embora os teores foliares não tenham sido responsivos aos tratamentos, foi encontrada maior quantidade nas folhas na dose 1 kg ha⁻¹, onde

obteve-se 80 mg kg⁻¹ no primeiro ano do experimento e este valor e também os outros tratamentos de ambos anos, incluindo as testemunhas, estão dentro da faixa de 36 - 100 mg kg⁻¹ descrita como adequada para plantas cítricas descrito por Malavolta et al. (1997).

4.3 Produtividade e parâmetros qualitativos

4.3.1 Resultados de 2016

Tabela 8- Variáveis quantitativas e qualitativas em 2016, da tangerina “Ponkan” em resposta a diferentes doses de ácido bórico.

Ácido bórico (kg ha⁻¹)	Massa (g)	Nu m	Produtividade e (ton ha⁻¹)	SS	Acidez	'ratio '
0	102	200	12	8,9	0,50	18,2
1	112	170	12	9,1	0,53	18,7
2	117	188	13	9,2	0,55	19,0
3	117	190	13	9,2	0,55	18,9
4	111	190	12	9,1	0,53	18,6
5	100	185	11	8,8	0,50	17,9
L	NS	NS	NS	**	NS	NS
Q	**	NS	NS	**	NS	NS

NS não significativo

** significativo

As variáveis número de frutos, produtividade, acidez titulável e 'ratio' não apresentaram diferenças significativas pelo teste F, o que aconteceu com Quaggio et al. (2003). Já o SS e o peso de frutos foram significativos em resposta aos diferentes tratamentos.

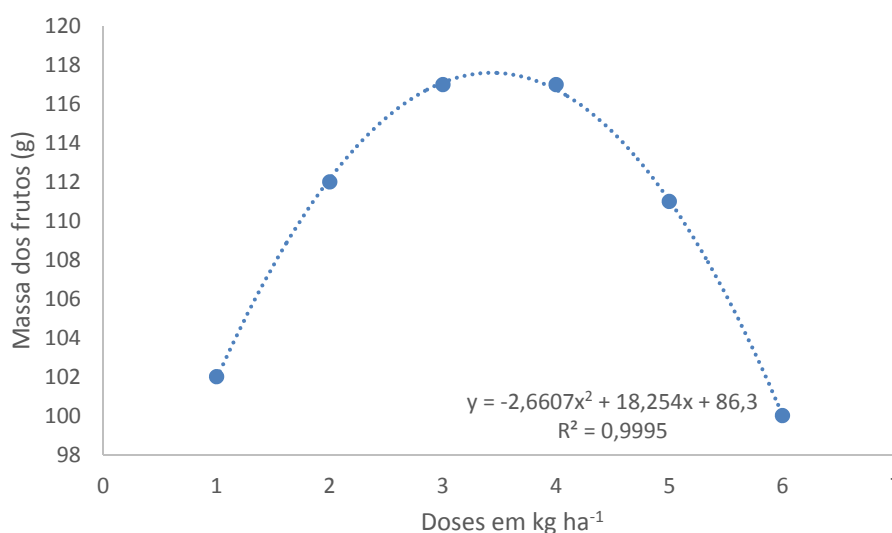
Quaggio et al. (2003) testando as doses (0, 2, 4 e 6) kg ha⁻¹ de Boro, em laranja 'Pera', encontrou o mesmo comportamento, ou seja, resposta significativa nos mesmos parâmetros, peso e SST, e não nos demais parâmetros avaliados. A

diferença nos resultados é que eles obtiveram comportamento linear enquanto o presente trabalho foi quadrático em resposta ao aumento das doses.

Bologna et al. (2003), avaliou a influencia de diferentes fontes de Boro (ulexita em pó e granulada; colemanita; termofosfato com boro; e ácido bórico) com diferentes doses (0, 1, 2, 3, 4 kg ha⁻¹) aplicados em laranja ‘Pera’. A autora não obteve resposta ao tratamento nos parâmetros SS, Acidez Titulável e ratio, porém o diâmetro dos frutos sofreu influencia devido a solubilidade da fonte, ou seja, a fonte mais solúvel que é o acido bórico apresentou o maior diâmetro de 64 mm e a fonte menos solúvel apresentou 61 mm com a colemanita. As diferentes doses avaliadas pelo autor não influenciaram nenhum dos parâmetros avaliados.

Nas Figuras 2 e 3 mostram o comportamento esperado pelas diferentes doses, ou seja, há aumento na massa dos frutos e do SS conforme é aumentada a quantidade de Boro até um pico máximo, e a partir daí há uma queda no rendimento dessas variáveis evidenciando uma toxicidade ou influência negativa de doses elevadas de Boro aplicadas via solo.

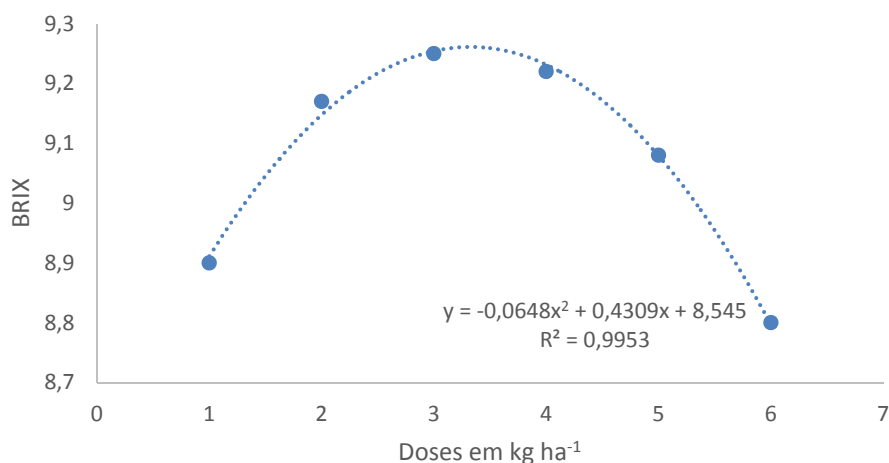
Figura 2- Massa dos frutos da tangerina “Ponkan” no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.



O valor da dose encontrado pela equação corrigida em que se obtém o maior peso médio dos frutos no estudo foi de 3,4 kg ha⁻¹ atingindo o peso de 117,6

g, podendo-se recomendar esta dose para obter maior massa de frutos, discordando da recomendação para o estado de que é de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$.

Figura 3- Sólidos solúveis do suco da tangerina “Ponkan” no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.



Para o parâmetro SST a dose que proporcionou o maior valor obtido no experimento foi de $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$ que acarretou em $9,26^\circ \text{ BRIX}$, abaixo dos valores médios citado pelo CITRUS ID em 2013 e divergindo da recomendação de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ no estado de São Paulo.

4.3.2 Resultados de 2017

As variáveis de qualidade de suco como SST e ATT e a produtividade não apresentaram diferença significativa pelo teste F, mas as variáveis diâmetro médio, massa de fruto e número de frutos foram significativos conforme apresentados na Tabela 9.

Tabela 9- Variáveis quantitativas e qualitativas em 2017, da tangerina “Ponkan” em resposta a diferentes doses de ácido bórico.

Tratamento	massa (g)	Num F.	Diâmetro (mm)	Produtividade (t ha⁻¹)	SS	Acidez T.	'ratio'
0	142,0	288,0	69,0	24,0	8,14	0,57	14,2
1	135,0	249,0	67,0	20,0	8,25	0,59	13,9
2	125,0	264,0	66,0	32,0	8,30	0,61	13,6
3	122,0	465,0	67,0	34,0	8,30	0,63	13,1
4	128,0	396,0	68,0	30,0	8,25	0,65	12,6
5	141,0	273,0	70,0	23,0	8,14	0,67	12,4
L	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Q	**	**	**	NS	NS	NS	NS

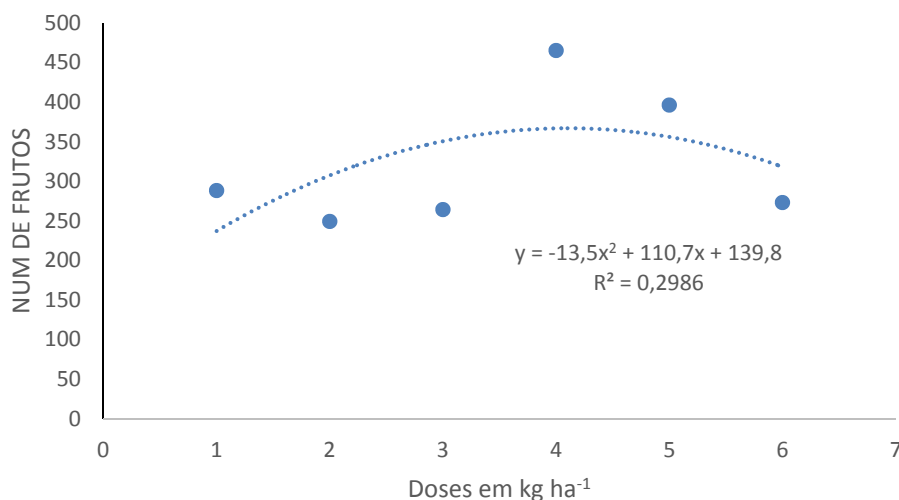
NS não significativo

** significativo

Os dados apresentados na tabela 9 foram próximos aos obtidos por Pio et al. (2006), onde o Brix médio foi de 8,70° em tangerineira Ponkan enxertada em limoeiro Cravo. No entanto, os valores da acidez estão acima da média encontrada de 0,39 e os valores do 'ratio' estão abaixo dos 29,11 obtidos naquele ano. Para este mesmo experimento em 2004, a produção média obtida foi em torno de 46 ton ha⁻¹, enquanto a nossa maior obtenção foi no tratamento 4 com 34 ton ha⁻¹.

Na Figura 5 verifica-se o comportamento das diferentes doses de ácido bórico sobre o número de frutos da tangerine “Ponkan” pelos tratamentos. Conforme aumentou-se à quantidade de boro, aumentou-se o número de frutos até um pico máximo e a partir desse ponto a variável diminui mostrando que doses mais elevadas do elemento causa influência negativa na quantidade do número de frutos.

Figura 4- Número de frutos da tangerina “Ponkan” no ano de 2016 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.



Como dito anteriormente, uma das principais funções do boro está na parte reprodutiva da planta, dando condições ao pleno desenvolvimento do tubo polínico, grão de pólen, aumentando o de botões florais, sendo assim fica evidenciado no trabalho uma maior quantidade de frutos por planta, quando há correto fornecimento de adubação boratada.

A massa e o diâmetro dos frutos tiveram comportamento contrário ao número de frutos, ou seja, conforme aumentou-se o número de frutos na planta, diminuiu-se a massa média e o diâmetro dos mesmos, e, conforme diminuiu-se o número de frutos aumentaram o peso e o diâmetro.

Este comportamento ilustrado nas Figuras 5 e 6, evidencia uma das principais funções do Boro na fase de florescimento, proporcionando maior quantidade de frutos, porém, sem o suporte com fornecimento nutricional com os macronutrientes adequadamente, a planta não possuirá capacidade de “enchimento” dos seus frutos fica comprometida e com isso há haverá frutos menores e mais leves.

Figura 5- Massa de frutos de tangerina “Ponkan” no ano de 2017 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.

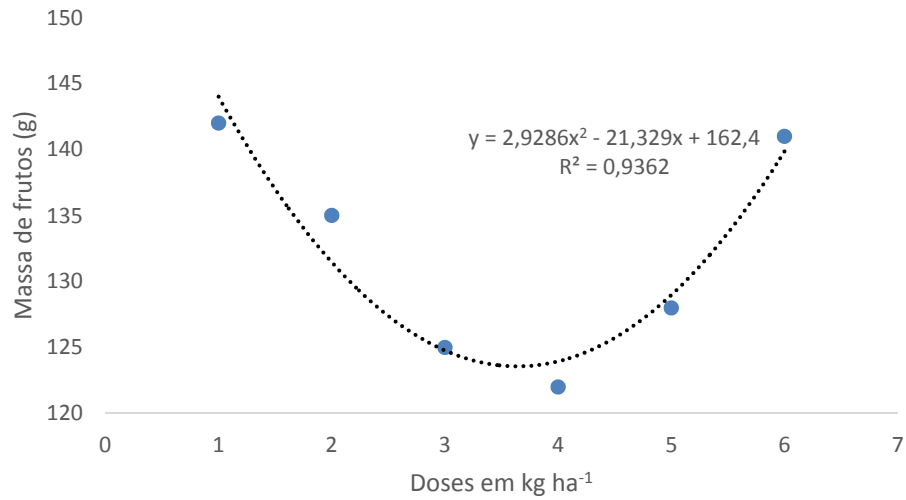
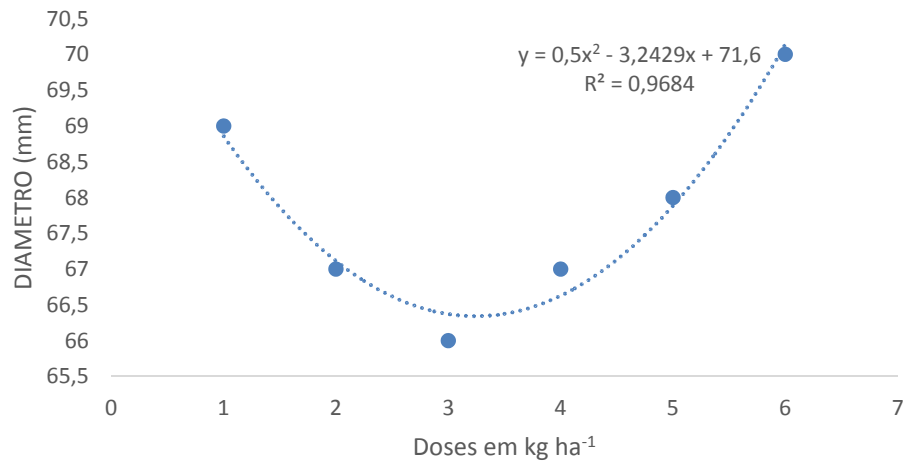


Figura 6- Diâmetro médio dos frutos de tangerina “Ponkan” no ano de 2017 em resposta a diferentes doses de ácido bórico.



De maneira geral, os parâmetros qualitativos do fruto responderam ao tratamento de maneira esperada, porém não foi encontrado ligação desses resultados com os obtidos através de análise de solo e foliar, esta não correspondência pode ser explicada por dois fatores: ao fato de não incorporação da calagem, em que os corretivos não desempenharam seu papel adequadamente, pois não foi encontrada maior quantidade de cálcio e magnésio na camada de 0-20 cm e nem na análise foliar, associado a isso o regime irregular de chuvas que provavelmente o boro lixiviou para camadas mais profundas do solo no período de grandes quantidades de chuva em janeiro e fevereiro e no momento de frutificação ele deve ter sido absorvido pelas raízes sendo transportado diretamente para os drenos (fruto), já que visto anteriormente sua movimentação no floema é praticamente nula.

5 CONCLUSÃO

Dentro das condições experimentais e dos resultados obtidos, tem-se as seguintes conclusões:

- 1- O boro proporcionou aumento nos parâmetros sólidos solúveis do suco e massa (g), podendo dizer que a dosagem que se alcançou maiores índices foi de 3,3 kg ha⁻¹ e 3,4 kg ha⁻¹ respectivamente e que doses acima acarreta diminuição de peso e SS.
- 2- Também aumentou a quantidade de frutos por planta com a dose máxima de 4 kg ha⁻¹ e por consequência ao aumento de frutos por planta foi diminuído o peso e o tamanho (diâmetro) inversamente proporcional ao aumento dos frutos.
- 3- Não se constatou efeito significativo dos tratamentos nos parâmetros de solo, nos teores foliares e na produtividade do pomar.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. D. **Os citrinos**. 3. ed. Lisboa: Livraria Clássica, 1982. 781 p.
- ASAD, A.; BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G. Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. **Annals of Botany Oxford University**, v.92, p.565- 570, 2003.
- BELO, A. P. M. **Caracterização sensorial e físico-química de tangerinas produzidas em Goiás**. 2017. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- 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 em laranjeira: absorção e mobilidade. 2006. 120f. Dissertação (Mestrado) - Piracicaba, 2006. 120p.
- BOARETTO, R.M. et al. Boron uptake and distribution in field grown citrus trees. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 34, p. 839-849, 2011.
- BOLAÑOS, L. et al. Why boron? **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 907-912, 2004.
- BOLOGNA, I. R. **Adubação boratada em pomar de laranja Pêra Rio afetado pela clorose variegada dos citros**. 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Piracicaba, 2003.
- BYERS, D.E.; MIKKELSEN, R.L.; COX, F.R. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer materials. **Journal of Plant Nutrition**, London, v.24, n.4/5, p.717-725, 2001.
- BRITO NETO, J.F. et al. Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro „sunrise solo” em função de doses de nitrogênio e boro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.69-80, 2011.
- CASTLE, W.S. Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 23, n. 3, p. 383-394, 1995.
- CASTLE, W.S. Citrus root systems: their structure, function, growth, and relationship to tree performance. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 1978, Sidney. **Proceedings...** Sidney: International Society of Citriculture, 1980. p. 62-69.
- CASTRO, P. R. C. et al. Fisiologia da produção dos citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 209, p. 26-38, 2001.

CIAGRO - CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. Disponível em: www.ciiagro.sp.gov.br. Acesso em: 15 jan. 2018.

CITRUS ID. **Citrus** 2013. Disponível em: <http://idtools.org/id/citrus/citrusid/>. Acesso em: 05 jan. 2016.

COUTO, M. A. L., GUIDOLIN, S.; BRAZACA, C. Quantification of vitamin C and antioxidant capacity of citrus varieties. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, p. 15-19, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CITRICULTURA DE BEBEDOURO. **Relatório de Atividades 2007**. Bebedouro: Fundação de Pesquisas Agroindustriais de Bebedouro, 2008. 47 p.

FATIMA, A. **Role of boron in plasma membrane H⁺-ATPase hydrolytic and pumping activity in maize (*Zea mays* L.)** A thesis submitted for the requirement of the doctoral degree. Justus Liebig University Giessen, Germany, 2013.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows, versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FERREIRA, G. A. Absorção de boro e potássio e relação com a atividade da H⁺-ATPase de porta-enxerto de citros. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Campinas, 2014.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C, A. Dinâmica da calagem superficial em um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.235-247, 2006.

FIGUEIREDO, J. O. Variedades copa de valor comercial. In: RODRIGUEZ, O. et al. (ed.). Citricultura brasileira. 2. ed. Campinas: Fundação Campinas, 1991. v. 1, p. 228-264.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome, 2017. Disponível em <http://www.fao.org/3/a-i8092e.pdf>. Acesso em 20 fev. 2018.

FUNDECITRUS. Descobertos mais seis vetores da CVC. **Revista do FUNDECITRUS**, Araraquara, v. 14, n. 94, p. 7-8, 1999.

Manual da CVC. Araraquara: Fundo de Defesa da Citricultura, 2004. 12 p. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br>. Acesso em: 20 julho. 2017.

GUPTA, U.C. Factors affecting boron uptake by plants. In: GUPTA, U.C. (Ed). **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. cap 5, p. 87-104.

GRAÇA, J. et al. Porta-enxertos para laranja Natal no Norte Fluminense. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, p. 449- 456, 2001.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO DE CITROS - GPAC. Frutíferas. In: RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 121-134. (Boletim Técnico, 100).

HERRERA-RODRÍGUEZ, M.B. et al. Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. **Plant Stress**, Sevilla, v.4, p. 115-122, 2010.

HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plant roots. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. **Boron in soils and plants: Reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 49-58.

IAC. **Citros**. 2009. Disponível em:

<<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Citros/Citros.htm>> Acesso em: 15 set. 2017.

IBGE. **Sistema de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=11>>. Acesso em: 25 de outubro de 2016.

JUDD, W. S. et al. **Plant systematic: a phylogenetic approach**. Sunderland: Sinauer Associates, 1999. 112p.

KOLLER, O. C. **Citricultura: 1. Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. 396 p.

LAVÍN, A.A. Boron toxicity induced by ulexite applications in some drip irrigated fruit crops at Cauquenes, Chile. **Agricultura Técnica**, v.48, n.2, p.167-170, 1988.

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 mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. Adubação mineral. In: **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. 1. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. p. 70-120

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Orlando: Academic Press, 1995. 889p.

MATTOS JÚNIOR, D. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fapesp, 2005. v. 1, 929 p.

MATTOS JUNIOR, D. et al. Citros: manejo da fertilidade do solo para alta produtividade. **International Plant Nutrition Institute - Informações Agronômicas**, n.128, p.5-12, 2009.

MARANGONI, F. F. **Boro e zinco no sulco de plantio na cultura da cana-de-açúcar**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, 2016.

MATTOS JÚNIOR, D. et al. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fapesp, 2005. v. 1, 929 p.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, A.J.; CANTARELLA, H. Calagem e adubação dos citros. **Informe Agropecuário**, Jaíba, v.22, n.209, p.39-46, 2001.

MENGEI, K.; KIRKBY, E. A. Boron. In: MENGEI, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. p. 621-638.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999.

MORTVEDT, J.J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer Research**, n.38, p.213-221, 1994.

O'NEILL, M.A. et al. Requirement of borate crosslinking of cell wall rhamnogalacturonan II for *Arabidopsis* growth. **Science**, v.294, p. 846-849, 2001.

OLIVEIRA, R. P. **Biotecnologia em citros**: Documento 160. Pelotas, EMBRAPA, 2006. p. 36.

ORTOLANI, A.A.; PEDRO JR. M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUEZ, O. et al. **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.153-195.

PAPADAKIS, I. E. et al. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' orange plants grafted on two rootstocks. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 3, p. 247-257, 2004.

PIO, R. M.; MINAMI, K.; DE FIGUEIREDO, J.O. Características do fruto da variedade span americana (*Citrus reticulata Blanco*): uma tangerina do tipo 'poncã' de maturação precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2006.

PIO, M.A. et al. Características da variedade fremont quando comparadas com as das tangerinas 'ponkan' e 'clementina nules'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, ago. 2001.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico/FUNDAG, 2005. p. 63-104.

POMPEU JÚNIOR, J. Rootstocks and scions in the citriculture of de São Paulo State. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., 2001, Ribeirão Preto. 2001. **Proceedings...** Ribeirão Preto: EECB/Fundecitrus, 2001. p. 75-82.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos para citros. In: RODRIGUEZ, O. et al. (Eds.). **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p. 265-280.

POMPEU JÚNIOR, J.; BLUMER, S. Morte súbita dos citros: suscetibilidade de seleções de limão Cravo e uso de interenxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, p. 371-378, 2008.

QUAGGIO, J.A. Métodos de aplicação do calcário em culturas anuais e perenes. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, 1986, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.21.

QUAGGIO, J. A. et al. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 627-634, maio 2003.

QUAGGIO, J. A. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Revisado. Campinas: IAC, 2017. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B.V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REED, J. B.; HENDRIX JUNIOR, C. M.; HENDRIX, D. L. **Quality control manual for citrus processing plants**. Safety Harbour: Intercit, 1986. v. 1.

RIVERO, J. M. Boro. Su function. Carencia y exceso. Diagnostico. In: RIVERO, J. M. **Los estados de carencia de los agrrios**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas, 1964. p. 195-206.

VITTI, G.C. et al. Técnicas de utilização de calcário e gesso na cultura dos citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 4., 1996, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 131-160.

WIMMER, M.A.; EICHERT, T. Review: mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. **Plant Science**, v.203–204, p. 25–32, 2013.

XU, F. et al. Boron uptake and retranslocation in cultivars of *Brassica napus* differing in boron efficiency. In: GOLDBACH, H. E. et al. **Boron in plant and animal nutrition**. New York: Kluwer Academic, 2002. p. 127-135.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.90, jun. 2000.

ANEXOS

