

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL**

**ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO E BORO SOBRE A
PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DO FRUTO E TEOR DE
PROLINA EM LARANJEIRA 'PÊRA'**

ALDILANE MENDONÇA DA SILVA

**MANAUS-AM
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL**

**ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO E BORO SOBRE A
PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DO FRUTO E TEOR DE
PROLINA EM LARANJEIRA 'PÊRA'**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci – UFAM

Co-orientador: Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos – UFAM

**MANAUS-AM
2016**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

S586a Silva, Aldilane Mendonça da
Adubação com potássio e boro sobre a produtividade, qualidade do fruto e teor de prolina em laranjeira 'Pêra' / Aldilane Mendonça da Silva. 2016
83 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Carlos Alberto Franco Tucci
Coorientador: José Zilton Lopes Santos
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Laranja Pêra. 2. Estado nutricional. 3. Prolina. 4. Produtividade.
I. Tucci, Carlos Alberto Franco II. Universidade Federal do Amazonas III. Título


ALDILANE MENDONÇA DA SILVA

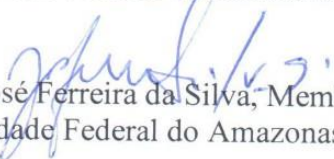
**ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO E BORO SOBRE A
PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DO FRUTO E TEOR DE
PROLINA EM LARANJEIRA 'PÊRA'**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.


Aprovada em 22 de julho de 2016

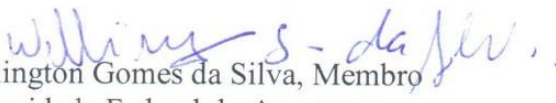
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci, Presidente
Universidade Federal do Amazonas


Prof. Dr. José Ferreira da Silva, Membro
Universidade Federal do Amazonas


Profa. Dra. Cristiani Kano, Membro
Embrapa Amazônia Ocidental


Prof. Dr. Francisco Adilson dos Santos Hara, Membro
Universidade Federal do Amazonas


Dr. Wellington Gomes da Silva, Membro
Universidade Federal do Amazonas

À Deus

À memória da minha querida irmã Alberlane Mendonça da Silva e do meu pai, Adelino Siqueira da Silva que sempre me incentivaram e acreditaram que eu seria capaz.

À minha mãe Humbertina, que com grande esforço ofereceu a mim e meus irmãos, nossas formações acadêmicas, além de ser responsável por nossas personalidades.

Ao meu esposo Leandro, pelo apoio, compreensão, amor, carinho e dedicação.

Ao meu querido filho Leonardo, pelo seu infinito amor.

Aos meus irmãos, Leidiane, Adiel, Fernando e Adenilson, que com todo apoio e fé sempre acreditaram que eu poderia ir mais adiante.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo que já alcancei até o presente e pelo que está por vir no futuro próximo. Tudo posso naquele que me fortalece—Filipenses 4:13;

Ao meu Orientador Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci pela oportunidade, orientação e assistência durante o período de trabalho, por sua amizade e incentivo;

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos pela ajuda, paciência, confiança, amizade e sugestões que contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho;

Ao Senhor Antônio Siqueira por ter permitido a implantação do experimento em sua propriedade. A ele, minha eterna gratidão;

Ao Sr. Edivaldo, pelas sugestões e carinho com que me recebeu no laboratório de solos do INPA e pelo auxílio nas análises;

Aos meus queridos amigos Anselmo Santos e Silvio Vieira, por estarem ao meu lado na hora em que mais precisei e pela sua amizade. As minhas amigas Iza Maria, Rosilene Tucci e Keli Siqueira, pelos momentos alegres, pela força nos momentos difíceis e por sempre acreditarem na minha capacidade de alcançar meus objetivos, acima de tudo pelo carinho e amizade. Aos colegas de pós-graduação Marcely, Deolinda, Tainah, Terezila, Jaisson e Gerlândio pela experiência compartilhada, alegrias nos bons momentos e apoio nos momentos difíceis;

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pela oportunidade de realizar o doutorado a qual sou grata;

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, em especial à coordenadora Profa. Jânia Lília Bentes e ao Secretário José Nascimento, por todo o apoio durante o curso.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão de bolsa de estudos sem as quais minha jornada seria dificultada;

Ao Projeto PI-Citros/FAPEAM, pelo financiamento desta pesquisa;

Ao coordenador do projeto PI-CITROS, Dr. Marcos Vinícius Bastos Garcia e Terezinha Batista Garcia, da Embrapa Amazônia Ocidental, pela colaboração com esta pesquisa;

Aos Professores José Ferreira da Silva e Bruno Fernando Faria Pereira, por seus ensinamentos, paciência e apoio durante a realização de algumas análises, principalmente por sempre estarem dispostos a me ajudar nas horas em que precisei;

À Professora Suely Francisca Farias da Silva, pelo seu incentivo, por sua confiança, colaboração, apoio, carinho e amizade;

À todos aqueles que de alguma forma participaram deste trabalho, muito obrigada

RESUMO – Objetivou-se com o presente trabalho avaliar produtividade e a qualidade de frutos de laranja em função da adubação com K e B num pomar em fase de produção. O experimento foi conduzido no município de Rio Preto da Eva-AM. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, os tratamentos foram dispostos em um arranjo fatorial ($4 \times 3 + 1$), envolvendo quatro níveis de K (60; 120; 240 e 360 g planta⁻¹ de K₂O) e quatro níveis de B (4; 8; 16 e 24 g planta⁻¹ de B) mais a parcela controle (sem K e B) perfazendo um total de 17 combinações. Utilizou-se como fonte de K o cloreto de potássio e o bórax como fonte de B. A variedade avaliada foi a ‘Pêra’ com sete anos de cultivo, num espaçamento de 7 x 2,5 m. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, de folhas e frutos nos anos de 2014 e 2015. Por meio do teste F ($P \leq 0,05$) obteve-se a significância do contraste comparando-se a média do arranjo fatorial com o tratamento controle. A partir das equações ajustadas para produtividade como função de doses foram estimadas as doses correspondentes para máxima eficiência física (MEF) e máxima eficiência econômica (MEE). O nível crítico de K e B no solo e na planta foram estimados substituindo-se a dose para MEE nas equações que relacionam as doses de K e B aplicadas com os teores disponíveis no solo e com os teores nas folhas, respectivamente. Considerando às médias dos dois anos de estudo pode-se concluir que: As doses 300:16 g planta⁻¹ de K₂O e B promoveram o maior teor de K e de B na camada de 0 a 20 cm do solo; os conteúdos de K, Mg e B foram afetados pela adição de K₂O e de B, enquanto que os nutrientes P e Mn foram afetados apenas pela adição de B, e o Cu por K₂O; as doses 244:20 g planta⁻¹ de K₂O e B, foram as que proporcionaram maior conteúdo de K e de B, respectivamente, na folha; as doses 304:21 g planta⁻¹ de K₂O e B foram as que proporcionaram menor teor de prolina livre nas folhas; as doses 311:21 e 316:18 g planta⁻¹ de K₂O e B proporcionaram respectivamente, as melhores características físico-químicas e maior índice tecnológico dos frutos; a máxima eficiência física e a máxima eficiência econômica foram 277:23 e 222:22 g planta⁻¹ de K₂O e B, sendo a máxima eficiência econômica a recomendada para adubação de pomares em fase de produção e os níveis críticos no solo foram de 40 e 0,20 mg dm⁻³ K e B disponíveis, respectivamente, e na folha de 17 g kg⁻¹ de K e 217 mg kg⁻¹ de B.

Palavras chave: Laranja Pêra, estado nutricional, prolina, produtividade.

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the productivity and quality of citrus fruits due to the fertilization with K and B in an orchard in production. The experiment was conducted in Rio Preto da Eva-AM. The experimental design was a randomized block with four replications, the treatments were arranged in a factorial arrangement (4 x 3 + 1), involving four levels of K (60, 120, 240 and 360 g plant⁻¹ of K₂O) and four levels of B (4, 8, 16 and 24 g plant⁻¹ B) plus control portion (not K and B) a total of 17 combinations. It was used as source of K potassium chloride, and borax as a source of B. The evaluated range was “Pera” seven years of cultivation, a spacing of 7 x 2,5 m. Soil samples were collected at 0-20 and 20-40 cm, leaves and fruit in the years 2014 and 2015. Through the F test ($P \leq 0,05$) contrast the significance was obtained by comparing the average factorial arrangement with the control treatment. From equations adjusted for productivity as a function of doses were estimated corresponding doses for maximum physical efficiency (MEF) and maximum economic efficiency (MEE). The critical level of K and B in soil and plants were estimated by substituting the dose to MEE in the equations that relate the K and B concentrations with the contents available in the soil and with the contents in leaves, respectively. Considering the media of the two years of study it can be concluded that: Doses 300: 16 g plant⁻¹ of K₂O and B promoted greater K and B content in the layer 0-20 cm from the ground; The K, Mg and B were affected by the addition of K₂O and B, whereas P and Mn nutrients were only affected by the addition of B, Cu for K₂O; Doses 244: 20 g plant⁻¹ K₂O and B were those that showed higher contents of K and B, respectively, on the sheet; Doses 304: 21 g plant⁻¹ of K₂O and B were those that provided lower free proline content in the leaves; Doses 311: 21 and 316: 18 g plant⁻¹ of K₂O and B provided respectively, the best physical and chemical characteristics and higher technological content of the fruit; The maximum physical efficiency and maximum economic efficiency were 277: 23 and 222: 22 g plant⁻¹ of K₂O and B, the maximum economic efficiency recommended for fertilization of orchards in production and the critical levels in the soil were 40 and 0,20 mg dm⁻³ available K and B, respectively, and the sheet 17 g kg⁻¹ K and 217 mg kg⁻¹ B.

Keywords: Orange Pear, nutritional status, proline, productivity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Balanço hídrico para o município de Manaus no período de maio/2013 a junho/2015 (1A). Dados da Rede do Inmet, 2015.....19
- Figura 2.** Conteúdo de K nas folhas (2A e 2B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *, significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....29
- Figura 3.** Conteúdo de B nas folhas (3A e 3B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....31
- Figura 4.** Teores prolina livre (4A e 4B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....32
- Figura 5.** Número de frutos (5A e 5B) em 2014 e 2015, respectivamente, em das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....34
- Figura 6.** pH do suco (6A e 6B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....35
- Figura 7.** Espessura da casca (7A e 7B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....36
- Figura 8.** Volume do suco (8A e 8B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....37
- Figura 9.** Rendimento do suco (9A e 9B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....38
- Figura 10.** Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) (10A e 10B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....39

Figura 11. Acidez titulável total (11A e 11B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K ₂ O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....	40
Figura 12. Ratio (12A e 12B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K ₂ O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....	41
Figura 13. Índice tecnológico (13A e 13B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K ₂ O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....	42
Figura 14. Produtividade (14A e 14B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K ₂ O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos nas profundidades do solo de 0-20 e 20-40 cm.....	19
Tabela 2. Teores de K disponível em função da combinação das doses de K ₂ O e B aplicadas.....	23
Tabela 3. Teores de B disponível em função da combinação das doses de K ₂ O e B aplicadas.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância da laranja ‘Pêra’	3
2.2 Nutrição mineral da laranjeira ‘Pêra’	4
2.3 Potássio no solo e na planta	6
2.4 Boro no solo e na planta	9
2.5 Acúmulo de prolina livre na planta	12
2.6 Qualidade da laranja ‘Pêra’ e efeitos da adubação mineral	14
3. OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo geral	18
3.2 Objetivos específicos	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Caracterização da área experimental	19
4.2 Delineamento experimental e tratamentos	20
4.3 Condução do experimento	20
4.4 Amostragem e análises das parcelas experimentais	21
4.5 Avaliação da produtividade, características físico-química dos frutos e índice tecnológico	21
4.6 Análises estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Teores de K e B disponíveis no solo	23
5.2 Conteúdo de nutrientes nas folhas	27
5.3 Teor de prolina livre nas folhas	32
5.4 Características físico-química dos frutos em função da adubação	33
5.5 Índice tecnológico (IT) e produtividade	41
6. CONCLUSÕES	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	66

1. INTRODUÇÃO

A cultura dos citros é considerada uma das mais importantes para o Estado do Amazonas. Ocupando o segundo lugar no consumo per capita in natura, superada somente pelo consumo da banana. Como consequência, o cultivo de laranja tem grande potencial de expansão, e isto tem despertado o interesse dos produtores, associado ao bom preço da fruta no mercado local. Apesar de os preços compensadores e das condições climáticas favoráveis, a produtividade é baixa quando comparada com a de outros estados da federação (MOREIRA et al., 2008; IBGE, 2015).

A quase totalidade dos pomares de citros no Estado do Amazonas situam-se sob solos com topografia plana ou com baixa declividade. Em geral estão sob Argisolos e Latosolos, cuja a textura varia desde arenoso até muito argiloso. Estes solos são naturalmente ácidos e com baixa fertilidade natural (SANCHEZ et al., 1982; VIEIRA e SANTOS, 1987), além da baixa capacidade de adsorção e troca de íons (TUCCI, 1991). Considerando-se que as recomendações de adubação com potássio e boro para a cultura é excessiva e/ou desbalanceada (COELHO e NASCIMENTO, 2004) e que os teores destes no solo variam de baixo a muito baixo (MALAVOLTA, 1997; DIAS et al., 2013), considerando-se também que o potencial de lixiviação é elevado, práticas de manejo devem ser aprimoradas para as condições locais.

Algumas limitações tecnológicas com destaque para o manejo nutricional têm causado a queda na produtividade e a redução dos pomares no Estado do Amazonas. Segundo Moreira et al. (2008), a falta de recomendação para o uso eficiente de fertilizantes e corretivos, com base em experimentos locais, é a principal causa da baixa produtividade dos cultivos no Estado. Além disso, a qualidade dos frutos deixa a desejar, principalmente na qualidade do suco.

Ao avaliar o estado nutricional de laranjeiras na região central do estado do Amazonas, Silva (2011) e Dias et al. (2013) observaram deficiência nutricional nos pomares e que os nutrientes K e B seriam os mais relevantes para o manejo da adubação dos pomares em fase de produção. Em geral, as recomendações dos corretivos e fertilizantes empregados pelos produtores são preconizadas para outros Estados (COELHO e NASCIMENTO, 2004; MOREIRA et al., 2008; DIAS et al., 2013; SILVA, 2015), sugerindo a necessidade da experimentação local.

Embora algumas pesquisas já tenham sido realizadas na região Amazônica sobre o estado nutricional da laranjeira ‘Pêra’ e adubação com K e outros nutrientes (SILVA, 2011;

DIAS et al., 2013; SILVA, 2015), não se tem informações que permitam estabelecer um programa de adubação com K_2O e B para a citricultura local. Moreira et al. (2008) afirmam sobre a necessidade de orientação consistente para o uso de corretivos e fertilizantes para o cultivo de citros no Estado do Amazonas.

O efeito das doses de K_2O e B sobre a produtividade e a qualidade dos frutos da laranja 'Pêra' foi observado por Quaggio et al. (2003), Quaggio et al. (2006), Veloso et al. (2006), Quaggio et al. (2011) e Feitosa et al. (2013). Segundo estes autores, houve interação significativa entre teores de K e B nas folhas quando a absorção de K pelas plantas foi aumentada assim como o tamanho dos frutos devido a presença de B, embora nenhum mecanismo específico da planta tenha sido proposto para explicar tais resultados.

Segundo Power e Woods (1997), trabalhos com o B fornecem informações importantes sobre a adubação potássica. Para estes autores a absorção de K aumenta com o fornecimento de B e quase não ocorre na sua ausência, ou seja, muitos casos de deficiência aparente de K podem ser, de fato, deficiência de B.

Os estudos de calibração com doses de K_2O e B e de outros nutrientes permitem recomendar adubação de maneira precisa. Nesses estão envolvidos aspectos referentes ao nível crítico no solo e na planta, além daqueles relacionados às condições edáficas e econômicas, pois, estando inclusos a máxima eficiência física e máxima eficiência econômica, além da produtividade (ALVAREZ, 1994). A avaliação das características de qualidade de frutos em tais estudos pode permitir associar as doses dos nutrientes aplicadas, bem como a recomendada com as características de frutos desejáveis (ALVAREZ, 1985).

Neste sentido, buscou-se obter informações sobre a adubação com doses crescentes de K_2O e B e de suas influências na produtividade e na qualidade de frutos de laranja 'Pêra'. Espera-se com os resultados da adubação com K_2O e B poder recomendar, em uma aproximação mais realista, de doses adequadas com esses nutrientes de acordo com a necessidade da cultura, maximizando a eficiência das adubações. Associado a isto, está a importância social e econômica da citricultura no Estado do Amazonas bem como o potencial produtivo da mesma, o que justifica a realização de pesquisas e ações que venham a fornecer subsídios para futuros investimentos para o aumento de produção desse agronegócio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da laranja ‘Pêra’

A laranja ‘Pêra’ é considerada uma das variedades brasileira de maior importância econômica. Entretanto, sua origem não é bem conhecida, sabe-se apenas que a laranja ‘Pêra’ era cultivada na Baixada Fluminense, no Rio de Janeiro, de onde foi levada, no início do século 20, para Limeira (SP), difundindo-se daí por todo o estado e pelo Brasil, com os nomes de ‘Pêra Rio’, ‘Pêra Coroa’ ou simplesmente ‘Pêra’ (FIGUEIREDO, 1991; DONADIO et al., 1995).

Detentora de vantagens e qualidades ganhou a preferência dos produtores e consumidores, tornando-se a variedade de citros mais cultivada no país, por suas múltiplas floradas e qualidade de suco aceitável pela indústria e pelo mercado de fruta fresca (LOPES et al., 2007; SCHINOR et al., 2009; LEONEL et al., 2010).

Sua composição química é bastante complexa, indicando como principais componentes a água com 86 a 92%, açúcares de 5 a 8%, pectinas de 1 a 2%, componentes nitrogenados de 0,7 a 0,8%, lipídios de 0,2 a 0,5%, óleos essenciais de 0,2 a 0,5%, minerais de 0,5 a 0,9% e outros componentes como enzimas, pigmentos, constituintes voláteis, flavonoides e vitaminas. Sua composição física varia conforme o clima, altitude, adubação, tratamentos culturais e estágios de maturação (OLIVEIRA et al., 2012).

O Estado do Amazonas apresenta uma produção de laranja com grande potencial de expansão, com uma área plantada superior a 4 mil hectares, com produção de 57,346 toneladas, e produtividade média de 18,213 t ha⁻¹ (IBGE, 2015). No entanto, quando comparado a outros Estados, o Amazonas é um dos últimos nos quesitos de qualidade e produtividade do fruto (MOREIRA et al., 2008).

Segundo Silva (2011), falta orientação consistente para o uso eficiente de fertilizantes e corretivos, com base em experimentos locais, sendo este um dos principais fatores da baixa produtividade dos cultivos no estado, já que as laranjeiras mostram boa adaptabilidade às condições edáficas distintas.

Segundo Medina et al. (2005), em regiões de clima tropical é comum os frutos apresentarem casca com coloração verde e mesmo assim se encontrarem nas condições adequadas para o consumo. O contrário acontece em regiões de clima subtropical e com variedades tardias, onde muitas vezes a casca do fruto apresenta-se amarela e internamente inadequado para o consumo pela elevada acidez e baixos teores de açúcares. Essa mudança

na coloração da casca ocorre devido à degradação da clorofila e síntese de carotenoides, sendo influenciada por fatores ambientais como temperatura, umidade, luminosidade, solo e porta-enxerto (SARTORI et al., 2002; MEDINA et al., 2005; SENTELHAS, 2005).

Além dos aspectos já citados, a laranja ‘Pêra’ requer elevada quantidade de nutrientes no solo, visto que a extração destes por parte da cultura é alta (BATAGLIA et al., 1977; MATTOS JUNIOR et al., 2010). Em destaque Ca, N e K os quais são os elementos extraídos em maior quantidade, respectivamente, devendo-se ter atenção especial a eles para que a planta consiga expressar todo seu potencial produtivo (BATAGLIA et al., 1977; PARAMASIVAM et al., 2000; MATTOS JUNIOR et al., 2010).

2.2 Nutrição mineral da laranjeira ‘Pêra’

A nutrição da laranjeira ‘Pêra’ apresenta aspectos de grande importância para que seja proporcionado um bom desenvolvimento das plantas, sendo necessário um bom equilíbrio entre as quantidades dos diferentes nutrientes para atender às exigências da cultura (MATTOS JUNIOR et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012). Neste sentido, a adubação assume papel relevante no manejo da citricultura, pois a mesma, no Estado do Amazonas, está situada em solos com baixa fertilidade natural.

De acordo com a classe de interpretação proposta por Quaggio et al. (2014) do Novo Boletim 100, os teores foliares adequados para os nutrientes são de: N (25-30 g kg⁻¹); P (1,2-1,6 g kg⁻¹); Ca (35-50 g kg⁻¹); Mg (3,5-5,0 g kg⁻¹); S (2,0-3,0 g kg⁻¹); Cu (8,0-12 mg kg⁻¹); Fe (50-120 mg kg⁻¹); Mn (35-75 mg kg⁻¹); e Zn de (50-75 mg kg⁻¹).

O nitrogênio (N) é considerado um dos nutrientes mais importantes, pois em quantidades adequadas favorece o crescimento, a brotação e a frutificação de citros (BOARETTO et al., 2007). O N é importante por participar da composição de diversos aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários (MALAVOLTA et al., 1997).

O fósforo (P) requerido em menor quantidade do que as de Ca, N e K, entretanto esta tem sido um fator limitante da produção de citros em solos Brasileiros (MALAVOLTA, 2006b). Sua disponibilidade adequada favorece o desenvolvimento das raízes e o crescimento inicial das plantas, aumentando os teores de suco e sólidos solúveis totais.

O cálcio (Ca) apresenta teor superior aos dos outros nutrientes, em todos os tecidos com exceção dos frutos em laranjeiras. De acordo com Freitas et al. (2007) e Ferreira (2012) é comum observar baixos teores de Ca nas folhas mais novas do que em folhas mais velhas. Este fato é consequência da baixa mobilidade de Ca no floema, da competição entre frutos

e folha e pela ocupação do floema por assimilados direcionados para o fruto. Seu fornecimento é essencial na manutenção da integridade estrutural e funcional da membrana e da parede celular. Em quantidades adequadas o Ca favorece o crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a absorção de outros nutrientes (MALAVOLTA et al., 2006a).

Por ser bastante móvel no floema o magnésio (Mg) é facilmente redistribuído desde as folhas velhas até os lugares de intensa atividade metabólica, como caules jovens e órgãos de reserva, como, por exemplo, grãos, frutos, etc. (MALAVOLTA et al., 1997; WIEND, 2007). O Mg é essencial na fotossíntese, pois participa dos processos metabólicos como a formação de ATP nos cloroplastos, também atua na síntese proteica, na formação de clorofila, no carregamento do floema, na separação e na utilização de fotoassimilados (WIEND, 2007; CAKMAK e YAZICI, 2010).

O enxofre (S) é tão importante quanto o N para as plantas, por seu papel nos mecanismos de defesa contra pragas e doenças (MALAVOLTA et al., 1997; PRATES et al., 2006). O S é constituinte de 21 aminoácidos, os quais formam as proteínas, promove a nodulação para a fixação de N, é necessário na formação da clorofila apesar de não ser um constituinte dela, está presente em vários compostos orgânicos, é essencial para a formação de proteínas e para a maturação das sementes e dos frutos, é necessário para a formação de nitrogenase, aumenta a resistência à deficiência hídrica e controla certas doenças transmitidas através do solo (MALAVOLTA, 2006b; SFREDO e LANTMANN, 2007).

Quanto ao cobre (Cu), o mesmo afeta a fotossíntese a produção de proteínas, a viabilidade do pólen, e, portanto, na frutificação, auxilia na respiração e eficiência de uso da água, é ativador e/ou componente de enzimas, é essencial no balanço de nutrientes que regulam a transpiração da planta (KIRKBY e RÔMHELD, 2007). A aplicação periódica de fungicidas cúpricos em pomares adultos para o controle de doenças foliares e, principalmente de frutos, é uma prática que tem suprido a demanda nutricional da cultura e muitas vezes tem levado à toxicidade das plantas quanto a este nutriente (KOLLER, 2006).

Com relação ao manganês (Mn), sua função não é bem conhecida, mas parece ser necessário para a síntese da clorofila (MALAVOLTA et al., 2000). O Mn é um dos micronutrientes que requer grande atenção em relação à nutrição de laranjeiras, pois tem limitado a produção, não somente pela sua carência no solo, mas também pela influência de fatores que reduzem sua disponibilidade na planta (MALAVOLTA et al., 1991; PELISER et al., 1993).

O zinco (Zn) exerce funções muito importantes na planta, sendo indispensável para a síntese do triptofano, que é um precursor do ácido indol-acético (AIA), que é o hormônio associado ao crescimento de plantas (KIRKBY e RÔMHELD, 2007). Segundo Malavolta et al. (1997), a carência de Zn pode ocorrer em solos pobres, arenosos e muito ácidos, ou quando se efetuam calagens ou adubações fosfatadas excessivas, situações estas que podem ocorrer com frequência nas lavouras de citros no Estado do Amazonas.

É importante ressaltar que o aspecto nutricional é particularmente importante para os frutos, devido à influência que os mesmos exercem não só na produtividade, mas também sobre sua qualidade. Destacando-se o tamanho, o formato, a aparência, a cor, a textura, a uniformidade, a firmeza, além do aroma, do sabor, do valor nutricional, da acidez, do teor de sólidos solúveis totais (AULAR e NATALE, 2013).

2.3 Potássio no solo e na planta

O potássio (K) está presente no solo nas formas K estrutural, K não trocável, K trocável e K em solução (SYERS, 2003). As formas de K em solução e trocável são consideradas prontamente disponíveis às plantas e, as demais formas, constituem a reserva de K dos solos (FARIA et al., 2012). Em solos tropicais, a dinâmica do K depende de alguns fatores como teor e tipo de argila, textura do solo, do pH, a capacidade de troca catiônica (CTC) e da relação Ca+Mg/K. Esses fatores regulam a disponibilidade do K, uma vez que regulam a relação entre K na solução do solo e K adsorvido nos coloides (BERNARDI et al., 2012).

De acordo com Moreira e Malavolta (2004), Araújo et al. (2011), Magalhães et al. (2013), Pereira et al. (2014), Moline e Coutinho (2015), os baixos teores dos nutrientes e principalmente de K é comum em solos altamente intemperizados, com pouco ou nenhum material primário e principalmente pelo cultivo durante anos consecutivos sem a devida reposição entre outros fatores.

Quanto aos solos da Amazônia, eles se caracterizam por grandes variações em seus teores de nutrientes (MOREIRA e FAGERIA, 2009; CAMPOS et al., 2012; PEREIRA et al., 2014). Segundo estes autores, a reserva de K nesses solos é normalmente muito baixa, tornando necessária a complementação desse nutriente para possibilitar produtividades sustentáveis.

Baixos teores de K no solo foram observados por Silva (2011) em pomares com laranja 'Pêra' no Estado do Amazonas e dentre os fatores relacionados a este fator, a autora aponta os reflexos de adubações desequilibradas, pois em geral não se leva em consideração a análise de solo e a necessidade da cultura nas condições locais, e que, embora as

recomendações de adubação com K_2O e B não sejam as mais corretas, o alto custo com fertilizantes faz com que a maioria dos citricultores aplique doses menores do que as recomendadas.

Ao avaliar o efeito da calagem em um Latossolo distrófico e adubação com K, B e Cu na laranjeira 'Pêra' em Manaus-AM, Silva (2015) observou efeitos positivos das doses de K_2O sobre os parâmetros biométricos da planta e de seus teores na folha e no solo, nos três anos consecutivos de avaliação e que o nível crítico de K no solo para o plantio da laranjeira foi estimado em 22 mg dm^{-3} .

Segundo Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), a recomendação de adubação para citros em função da análise de solo é de $300 \text{ g planta}^{-1}$ de K_2O , quando o teor de K no solo for baixo. Para Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros - GPACC (1994) e Mattos Júnior et al. (2009) a recomendação é de $400 \text{ g planta}^{-1}$ de K_2O , para pomares a partir do quinto ano pós plantio, com teores de K no solo abaixo de 16 mg dm^{-3} .

Segundo Malavolta (2005) e Koller (2006), diversos fatores podem influenciar a absorção de K pelas plantas, dentre eles pode-se citar sua disponibilidade, cuja absorção aumenta com a maior disponibilidade de K disponível na solução do solo; a presença de outros íons como excessos de Ca e Mg no meio que diminuem a velocidade de absorção de K por competirem pelo mesmo carregador no processo ativo de absorção; a idade e velocidade de crescimento quando a medida que a idade do tecido aumenta diminui a absorção de K; a temperatura por aumentar a difusão do K no solo em até o limite de 30°C devido ao aumento da respiração que fornece energia para o processo ativo de absorção e a umidade que quanto maior melhor é a absorção de K no solo o que favorece o mecanismo de contato íon raiz por difusão e aeração.

O K desempenha funções importantes, atua na eficiência fotossintética e no controle osmótico. É ativador enzimático e um dos principais elementos químicos envolvidos na qualidade dos frutos (KOLLER, 2006; MALAVOLTA, 2006b). Afeta diretamente no aumento da acidez do suco, no tamanho e peso do fruto, espessura da casca e na diminuição dos sólidos solúveis, sendo sua influência muito maior que a de qualquer outro nutriente, pois 70% do K absorvido pela planta encontram-se nos frutos, sendo esta porcentagem exportada pela colheita (OBREZA et al., 2008).

Ao determinar os padrões nutricionais e avaliar o estado nutricional de laranjeira 'Pêra' no Estado do Amazonas, Dias et al. (2013) observaram deficiência generalizada de K na planta e Silva (2011) no solo. Segundo Dias et al. (2013), o K seria o elemento mais relevante

para o manejo da adubação por ser aquele cujo equilíbrio nutricional estaria sendo o mais afetado. Dias et al. (2013) propõem que a faixa de suficiência de potássio para a laranja ‘Pêra’ seja de 7-9 g kg⁻¹, menor do que as propostas por Malavolta et al. (1997) de 12-17 g kg⁻¹, por Mattos Junior et al. (2009) de 10-15 g kg⁻¹ e por Quaggio et al. (2014) de 12-16 g kg⁻¹. Estas divergências demonstram a necessidade de experimentação local para a definição de níveis adequados de K para a cultura.

A deficiência de K provoca queda e redução no tamanho dos frutos, casca fina, menor resistência ao armazenamento e no transporte (ALVA et al., 2006; OBREZA et al., 2008). De um modo geral, os sintomas da deficiência de K são visíveis apresentando clorose e depois necrose das margens e pontas das folhas, inicialmente nas folhas mais velhas. Em estádios mais avançados, as folhas novas apresentam menor tamanho, podendo ocorrer desfolhas de ponteiros, murchamento e seca de ponteiros (MALAVOLTA et al., 1997; KOLLER, 2006; QUAGGIO et al., 2006).

Ao avaliar o efeito de doses de K na produtividade e qualidade dos frutos da laranjeira, num Latossolo Amarelo distrófico, no Município de Capitão Poço no Estado do Para, Veloso et al. (2006) observaram efeitos significativos dos teores de K nas folhas onde os mesmos aumentaram com aplicação dos adubos potássicos, enquanto que a concentração de Ca, Mg nas folhas diminuíram com as doses crescentes de K. A aplicação anual de 200 g planta⁻¹ de K₂O foi suficiente para atender à demanda da laranjeira e manter os teores K no solo próximo do nível crítico.

De forma semelhante Quaggio et al. (2011) ao avaliarem o efeito de fontes e doses de K em pomares de laranja ‘Pêra’ e ‘Valência’, cultivadas em solos de baixa fertilidade natural em duas regiões produtoras de laranja no Estado de São Paulo, verificaram aumento do K foliar até valores de 15 g kg⁻¹ de massa de matéria seca, também foi observado a queda do teor de B foliar simultâneo ao incremento do K foliar; segundo os autores, ainda não foi identificado qual mecanismo fisiológico na planta é responsável por esse efeito. Para Malavolta et al. (1997) e Quaggio et al. (2014), o intervalo ótimo de concentração foliar de K em citros situa-se entre 12 a 16 g kg⁻¹ de massa de matéria seca.

Ao avaliar a resposta do suprimento de K₂O e B sobre a atividade da H⁺-ATPase em laranjeira, Ferreira (2014) observou uma interação positiva entre as doses de B e K₂O na planta, onde o maior suprimento de B em solução favoreceu a maior absorção de K pelas plantas, principalmente quando a disponibilidade de K foi baixa no solo. Segundo o autor, o suprimento de B causou o acréscimo da hidrólise de ATP e do transporte de H⁺ mediados

pela H⁺-ATPase, quando a maior atividade da H⁺-ATPase favoreceu o mecanismo secundário de absorção de K pelas plantas.

Em relação ao suprimento de K para as plantas, deve-se salientar, porém, que se a aplicação de K no solo for elevada e contínua, poderá muitas vezes ocorrer o consumo de luxo, isso porque as plantas têm a capacidade de absorver mais K do que as suas necessidades (MEURER, 2006; MALAVOLTA, 2006b), interferindo assim na absorção e disponibilidade fisiológica de outros nutrientes para as plantas (MALAVOLTA, 2006b).

2.4 Boro no solo e na planta

Apesar do boro (B) ser um elemento essencial para o desenvolvimento das laranjeiras, são escassos na literatura trabalhos sobre o nutriente em citros. A espécie de B, predominante na solução do solo entre pH 4 a 8, é a molécula não ionizada H₃BO₃⁰; sua natureza não iônica faz com que o B torne-se altamente móvel no solo, e, conseqüentemente, muito lixiviado nestas condições de pH, a valores de pH maiores que 9,0 ocorre a hidrolização do B que passa de H₃BO₃⁻ a H₄BO₄⁻ (MORAGHAN e MASCAGNI, 1991; SALTALI et al., 2005; LIMA et al., 2007; ROSOLEM e BÍSCARO, 2007; SILVA, 2012).

O B é um nutriente conhecido por ter uma faixa estreita entre a deficiência e a toxicidade (MATTOS JUNIOR et al., 2001). Para Quaggio e Piza Junior (2001) há uma escassez de conhecimento sobre doses, modos eficientes de aplicação e critérios seguros para o diagnóstico da necessidade de adubação com o B. Ao avaliar os efeitos de doses crescentes de B para a fase de implantação e formação de pomar de laranja 'Pêra', na região de Manaus, Silva (2015) observou que o nível crítico de B no solo é de 0,20 mg dm⁻³.

De acordo com GPACC (1994), a recomendação de adubação boratada é indicada para solos que apresentam níveis de deficiência de B abaixo de (0,20 mg dm⁻³). A dose indicada para pomares de citros em produção é de (1,5 a 2,0 kg ha⁻¹), parcelada em duas aplicações anuais, sendo também recomendado ao menos uma aplicação foliar deste elemento complementando a adubação via solo.

Segundo Goldberg (1997), diversos fatores podem influenciar a absorção de B no solo pelas plantas, dentre eles pode-se citar: o pH da solução solo, a textura do solo, os óxidos de ferro e alumínio, minerais de argila, matéria orgânica, hidróxido de magnésio e carbonato de cálcio. Segundo o autor, a adsorção de B aumenta com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes e com a diminuição da umidade do solo.

O B tem sido objeto de estudos devido as suas várias funções fisiológicas em plantas, atuando diretamente no funcionamento e formação da parede celular, germinação do grão

de pólen, crescimento do tubo polínico, transporte de carboidratos, fixação de N e diminuição da toxidez de alumínio (VITTI, 1992; BOARETTO et al., 2007). Sendo fundamental não só para rendimentos elevados, mas também para alta qualidade das culturas (FATIMA, 2013). Uma dessas funções se relaciona com a absorção de K através da membrana celular. Essa interação pode ser justificada pela alteração que o B exerce na atividade enzimática da H⁺-ATPase nas raízes, o que em citros explicaria, em parte, as diferenças observadas no estado nutricional das plantas no campo (FERREIRA, 2014).

A determinação das funções do B nas plantas requer considerações sobre as características do nutriente e do processo que governa a sua absorção. Entre as diversas funções, duas estão muito bem definidas a síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (MALAVOLTA, 2006b; PEGORARO et al., 2008). A capacidade que o B tem de atravessar livremente a membrana plasmática resulta em uma larga flutuação na concentração do elemento no citoplasma (GASSERT et al., 2002).

O B é considerado um nutriente imóvel ou pouco móvel no floema das plantas, embora estudos tenham demonstrado que as espécies vegetais apresentam diferentes características quanto à mobilidade do nutriente (BROWN e SHELPS, 1997; BROWN e HU, 1998). Entretanto, o mesmo não foi documentado para os citros, daí a importância do suprimento pela adubação frequente para o atendimento da demanda pelos tecidos meristemáticos e pelas flores para formação da produção (BOARETTO et al., 2004; MALAVOLTA et al., 2006a; BOARETTO et al., 2011).

Segundo Boaretto (2006), a redistribuição de B em plantas cítricas varia de acordo com o suprimento adequado do nutriente para a planta, sendo necessário o suprimento de B para as raízes, principalmente quando as laranjeiras estiverem emitindo novos fluxos de crescimento. Cerda et al. (1982) e Furlani (2004) classificam o B como um nutriente de redistribuição intermediária ou de mobilidade condicional, dependendo da espécie. Enquanto que para Brown e Shelp (1997) e Souza et al. (2012), o acúmulo e a redistribuição de B nas folhas de laranjeiras é característico de plantas em que o B é imóvel.

Para Furlani (2004), as células das folhas da mesma forma que as raízes absorvem o B do apoplasto, e este tem que atravessar a membrana plasmática, onde a absorção foliar é mais lenta que a radicular, isso porque o percurso que o B tem de percorrer para ser absorvido pelas folhas é maior do que para ser absorvido pelas raízes, visto que não existe na epiderme das raízes camada de cutícula e de ceras, que possam restringir a absorção de B pela planta.

A deficiência de B causa a redução no desenvolvimento da planta e do sistema radicular, morte das gemas e perda da dominância apical e às vezes podem ocorrer brotações

laterais excessivas, pode ocorrer ainda na planta floração excessiva, a vegetação nova fica sem brilho rala e com algumas folhas deformadas e intensa queda de frutos novos, podendo ocorrer encarquilhamento das folhas maduras e pontuações amarelas nas folhas mais novas (MALAVOLTA e VIOLANTE NETTO, 1989; MALAVOLTA et al., 1994; QUAGGIO e PIZA JUNIOR, 2001; MATTOS JUNIOR et al., 2005; BOARETTO, 2006). As principais causas da deficiência de B nos pomares cítricos são devidas ao baixo teor de matéria orgânica no solo, à seca, à lixiviação, à acidez excessiva, às altas doses de N na adubação, e à calagem excessiva (MALAVOLTA e VIOLANTE NETTO, 1989).

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 e EICHERT, 2013), e mais recentemente da influência do B na atividade ATPásica (H^+ -ATPase) de membrana plasmática, podendo induzir o aumento na absorção de K (POLLARD et al., 1977; CARA et al., 2002), porém ainda carece de trabalhos e avaliações sobre essa interação e sua relação com as várias culturas de importância para o agronegócio.

A influência do B na absorção de K em plantas cítricas foi verificada em experimentos sob condições controladas (SMITH e REUTHER, 1949) e de campo por Cooper et al. (1952), cujo trabalho mostra o aumento do teor de K foliar de 16-19 g kg⁻¹ até 23-26 g kg⁻¹ com o incremento da disponibilidade de B via fertirrigação. Quaggio et al. (2003) observaram efeito similar para a laranja ‘Pêra’. Essa resposta parece bastante consistente, porém, até o momento, não existem informações suficientes para estabelecer se a interação B e K se deve à efeitos sobre a disponibilidade destes nutrientes no solo ou às características particulares de absorção pelos citros.

Segundo Dias et al. (2013) a faixa de suficiência do teor de boro para laranja ‘Pêra’ no Amazonas é de 47-56 mg kg⁻¹, menor do que as propostas por Malavolta et al. (1997) de 36-100 mg kg⁻¹, por Mattos Junior et al. (2009) de 50-100 mg kg⁻¹, por Quaggio et al. (2014) de 75-125 mg kg⁻¹. Estas divergências demonstram a necessidade de experimentação local para a definição de níveis adequados de B para a cultura.

A adubação boratada deve ser aplicada preferencialmente via solo com o objetivo de aprofundar o sistema radicular das plantas e aumentar o volume de solo explorado pelas raízes e conseqüentemente, aumentar a disponibilidade de água e nutrientes, (QUAGGIO et al., 2005; CABRERA, 2006).

Ao testar a eficiência de doses de B aplicadas no solo em comparação a foliar para laranjeira ‘Pêra’, Quaggio et al. (2003) observaram que a adubação via solo foi mais eficiente do que via foliar, e a maior amplitude de resposta de B aplicado no solo ocorreu no ano mais

seco. De forma semelhante, Boaretto (2006) verificou que a adubação com o B via solo, apesar de ter sido aplicado em menor quantidade, foi mais eficiente em nutrir as partes jovens da planta do que a aplicação via foliar. Isto porque, ao ser absorvido pelas raízes, o B é transportado para a parte aérea da planta pelo fluxo transpiratório (xilema) e direcionado para as partes da planta que estão em atividade.

2.5 Acúmulo de prolina livre na planta

Entre os mecanismos de proteção ativados pelas plantas em resposta as condições adversas ao crescimento estão o acúmulo de prolina nos tecidos (MOLINARI et al., 2004; UMEZAWA et al., 2004; BARTELS e SUNKAR, 2005; SEKI et al., 2007). A prolina vem sendo objeto de estudo em razão da sua sensibilidade em resposta às condições de estresse (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN e HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011; MARIJUAN e BOSCH, 2013).

A prolina atua no desenvolvimento de plantas, no florescimento e formação do grão de pólen (PHANG, 1985). Nesse caso, a prolina atua como fonte de energia, já que a oxidação de uma molécula resulta em 30 ATPs (HU et al., 1996). A biossíntese da prolina regula a razão NADP⁺/NADPH, cuja variação afeta o fluxo de carbono pela via oxidativa da pentose fosfato (HARE e CRESS, 1997).

Em plantas, o acúmulo de prolina ocorre em resposta ao estresse hídrico, salino, alta e a baixa temperatura, metais pesados, infecção por patógenos, anaerobiose, deficiência nutricional, poluição atmosférica e radiação UV (SARADHI et al., 1995; HARE e CRESS 1997; SIRIPORNADULSIL et al., 2002). De acordo com Zhang et al. (1999), como forma de tolerância em casos de deficiência hídrica severa, as plantas promovem o influxo de água, através do acúmulo de solutos na célula, que reduz o potencial osmótico, em processo denominado ajustamento osmótico.

Ao avaliar o teor de prolina livre nas folhas das plantas de citrumelo 'Swingle' (*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), em situação de déficit hídrico, Magalhães (2009) observou o aumento do teor de prolina conforme o estabelecimento do estresse, partindo do valor médio de 125 $\mu\text{mol g. MF}^{-1}$ em condição irrigada para 375 $\mu\text{mol g. MF}^{-1}$ na situação de estresse.

De acordo com Molinari et al. (2004), espécies do gênero *Citrus* acumulam maior quantidade de prolina do que em outras espécies, sendo que, a maior quantidade de prolina livre presente nas plantas cítricas, provavelmente, permite a estas plantas um maior ajustamento osmótico celular e auxilia na maior tolerância ao déficit hídrico imposto.

Segundo Zaijnejad et al. (1997) e Valdés et al. (2012), o acúmulo de prolina não está associado somente às plantas que se desenvolvem sob condições de estresse hídrico, mas, também, pode ser verificado em plantas sob condições de elevada acidez do solo; assim, os mecanismos fisiológicos envolvidos devem ser similares. De acordo com Zaijnejad et al. (1997) e Marin et al. (2006), solos ácidos com alto teor de alumínio, podem influenciar no acúmulo de prolina na planta tanto quanto o estresse hídrico. Por outro lado, a resposta da planta diante da exposição em nível crítico desse metal pode variar muito conforme a tolerância e particularidades da espécie (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

O acúmulo de prolina fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes à seca e a deficiência nutricional, e que a prolina presente em pequenas ou mesmo em concentrações elevadas na planta não causam efeito tóxico (BRAY et al., 2000). Para Taiz e Zeiger (2004), a capacidade de acúmulo de solutos compatíveis com a prolina ainda não pode ser considerada como um fator de ganho de eficiência da produtividade de culturas, pois apesar de contribuir à tolerância da planta à seca, está se dá temporariamente, e sob condições de limitação hídrica do solo que por si só não permitem ganho de biomassa ou produção.

Estudos sobre o acúmulo da prolina vêm sendo desenvolvidos em citros com intuito de tornar a planta mais resistente à seca (MOLINARI et al., 2004; CARNEIRO et al., 2006), no entanto, isso tem apresentado efeitos colaterais não desejáveis, como a maior susceptibilidade a herbicidas. Ao avaliar o período de interferência de plantas daninhas nos teores de prolina, livre em folhas de laranjeira 'Pêra', Gonçalves (2015) observou que esses tiveram um aumento significativo em função da interferência das plantas daninhas.

Apesar de existir trabalhos na literatura (ASHRAF et al., 2011; VALDÉS et al., 2012; CVIKROVÁ et al., 2013; FILIPPOU et al., 2014) sobre o teor de prolina nas folhas de diferentes culturas, associados à acidez do solo, são poucos os trabalhos que envolvam o teor de prolina e de adubação (LEITE, 2002; DECHEN e NACHTIGALL, 2007; BOGIANI, 2010; NEVES, 2014). Esses autores enfatizaram que a prolina, além de ser considerada osmólito-chave do ajuste osmótico, também está fortemente relacionada ao estresse por alumínio e que o alto teor de prolina na planta é indicador do efeito da interação dos estresses hídricos e da acidez do solo.

Segundo Machado et al. (2009) e Neves (2014), a redução da abertura estomática das plantas supridas com doses ideais de B são eficientes em restringir a perda de água da planta para a atmosfera, evitando maior desidratação dos tecidos foliares. Para os autores, a manutenção da abertura estomática em condições de déficit hídrico propiciado pela

adubação com B pode ser estratégia efetiva para manter a atividade fotossintética e o suprimento de fotoassimilados.

Resultados obtidos por Blanco et al. (2008) em folhas de tomateiro e por Rao et al. (1981a) e Rao et al. (1981b) em folhas de milho demonstram o efeito da adubação potássica sobre os teores de prolina. Os autores observaram que o K pode favorecer o acúmulo de prolina sob o estresse pela interação sinérgica de K com a arginina precursora da prolina; eles, também, relatam o envolvimento de K em relações hídricas da planta. Rao et al. (1981a) e Rao et al. (1981b) observaram que a adubação potássica não proporcionou aumentos significativos nos teores de prolina nas folhas do amendoim, ocorrendo aumento de prolina apenas em folhas deficientes em K, sugerindo que as espécies diferem na sua eficácia na conversão de precursores em prolina e, também, em sua resposta ao K.

2.6 Qualidade da laranja ‘Pêra’ e efeitos da adubação mineral

As frutas cítricas são não-climatérica, ou seja, amadurecem na árvore, portanto não apresentam mudanças na composição bioquímica dos frutos pós-colheita (LADANIYA, 2008). Dentre os fatores que afetam a produtividade e a qualidade dos frutos podem ser citados: a combinação de porta enxerto/variedade copa, a idade da planta, estresses de água e temperatura, a localização do fruto na copa da planta, a radiação solar, espaçamento entre plantas, as práticas de manejo destacando-se a irrigação e a nutrição mineral (REUTHER, 1975; NEGREIROS et al., 2014).

A qualidade dos frutos cítricos é o ponto primordial para uma adequada comercialização, segundo Pio (1992) e Donadio et al. (1995) os frutos das diferentes variedades de citros para consumo *in natura* precisam preencher certos requisitos de qualidade, tais como: coloração da casca, tamanho do fruto, formato, casca fina, suco com baixos teores de acidez e altos teores de sólidos solúveis totais (°Brix), pequeno número de sementes, resistência ao transporte e boa conservação.

Os frutos da laranjeira ‘Pêra’ para o consumo *in natura* quando maduros apresentam em média 11,8% de sólidos solúveis (°Brix), 0,95% de acidez, 12,5% de ratio, 50 a 55% de suco e 5 a 10% de poupa (GAYET, 1993; DONADIO et al., 1995; MACHADO, 2010). Algumas dessas características estão relacionadas a genética da planta e outras ao manejo, os quais podem ser controlados para que se possa maximizar a qualidade do produto.

Dentre as características indicativas da maturação e da qualidade dos frutos da laranjeira ‘Pêra’ o ratio é considerado como um importante indicativo do sabor do produto, sendo os valores entre 12 e 16 os mais apreciados devido ao equilíbrio entre açúcares e

ácidos. Entretanto, um simples e desejável ratio não é garantia de qualidade, a menos que esteja associado a uma desejável concentração de sólidos solúveis totais (FELLERS, 1980; COSTA, 1994; POZZAN e TRIBONI 2005).

Além das características já mencionadas, a indústria de suco de laranja avalia a qualidade dos frutos por meio de suas características químicas e físicas, as quais estão relacionadas ao rendimento do produto final (VOLPE et al., 2000). Segundo Miranda e Campelo Júnior (2012), o índice tecnológico (IT) além de indicador da maturidade pode também ser utilizado como indicador da qualidade do fruto. O IT é influenciado pelos mesmos fatores que afetam o comportamento do índice de sólidos solúveis e rendimento de suco. Para Grizotto et al. (2012) e Gonçalves (2015), o maior IT está relacionado ao sistema de manejo do pomar, com fornecimento adequado dos nutrientes e maior adensamento do plantio.

O aspecto nutricional é particularmente importante para a laranjeira 'Pêra', principalmente para qualidade dos frutos (KOLLER, 2006; FONTES, 2014). Dentre os nutrientes destaca-se o K, pois este é considerado o macronutriente de maior importância para os frutos cítricos, influenciando diretamente no aumento da acidez do suco, no tamanho e peso do fruto, espessura da casca e diminuição dos sólidos solúveis (BUENO e GASPAROTTO, 1999; CARVALHO et al., 1999; KOLLER, 2006; MALAVOLTA, 2006b). Sua deficiência provoca queda e redução no tamanho dos frutos, casca fina, menor resistência ao armazenamento e no transporte (ALVA et al., 2006; OBREZA et al., 2008).

Entretanto, para Embleton e Jones (1974) e Souza (1979), níveis foliares elevados de K em citros são vantajosos em termos de produção e qualidade do fruto, promovendo atraso na maturação e aumento no tamanho, diminuindo a espessura da casca, aumentando o teor de suco, na produção e o número de frutos.

Ao avaliar o efeito de doses de K_2O em laranjeiras, Quaggio et al. (2003), Quaggio et al. (2006), Veloso et al. (2006), Quaggio et al. (2011) e Feitosa et al. (2013) observaram efeitos significativos das doses de K_2O sobre a produtividade, teor de suco, sólidos solúveis totais e espessura da casca. Os autores recomendam a aplicação de uma menor quantidade de K para os frutos destinados à indústria, já para a produção de frutos destinados ao consumo *in natura*, recomendam a adoção de maiores doses de K, uma vez que os frutos maiores são mais apreciados pelos consumidores.

De acordo com Vitte (1992) e Duarte et al. (2011), é comum a obtenção de um maior número de frutos em função da adubação potássica, considerando que os períodos de maior exigência em K pelos citros é o fim da floração e a época de maturação. Destaca-se ainda o

efeito do K no pegamento dos frutos e no seu crescimento, no entanto, altas doses de K podem gerar a redução do tamanho dos frutos.

Segundo Cantarella et al. (2003), Mattos Junior et al. (2005), Alva et al. (2006), Koller (2006), Obreza et al. (2008) e Quaggio et al. (2011), os nutrientes K e o B apresentam importância relevante para laranjeira 'Pêra'. O K é um catalisador de metabolismo da planta, e o B, assim como o K, por facilitar o transporte de açúcares, ambos com grande influência no tamanho dos frutos e espessura da casca, influenciando diretamente no rendimento do suco.

Em levantamento do estado nutricional em pomares de laranjeira 'Pêra', em fase de produção na região central do estado do Amazonas, Silva (2011) e Dias et al. (2013) observaram que os nutrientes K e B deveriam ser os mais relevantes para o manejo da adubação, por ser aqueles cujo equilíbrio nutricional estariam afetando negativamente a produtividade e qualidade dos frutos. Isto sugere que os produtores de laranja no Estado do Amazonas devessem atentar para o planejamento da adubação adequada, principalmente por se tratar de nutrientes com conhecida resposta a sua aplicação em outras regiões (QUAGGIO et al., 2003; QUAGGIO et al., 2011; FEITOSA et al., 2013).

Os principais efeitos de B estão relacionados ao tamanho e à qualidade do fruto, sua deficiência pode causar a deformação e redução do tamanho destes, redução na porcentagem de suco, espessamento do albedo e da casca dos frutos, assim como a presença de manchas de gomas escuras, abortamento de sementes e intensa queda de frutos novos, segundo Malavolta et al. (1994), Quaggio et al. (2003) e Boaretto et al. (2007); em função disto o B é considerado o micronutriente de maior importância para os frutos cítricos.

Ao verificar o efeito de doses crescentes de B no solo sobre a produção de frutos cítricos, Quaggio et al. (2003) observaram que a produção de frutos aumentou significativamente com a aplicação de B no solo até a dose de 4 kg ha⁻¹, com teor de B no solo de 1,0 mg dm⁻³ e na folha de 300 mg kg⁻¹. Entretanto, Bologna (2003) observou que o aumento da dose de B diminuiu a porcentagem de suco em frutos de laranja 'Pêra'. Isto enfatiza a necessidade de se avaliar o efeito no nutriente em diferentes condições edafoclimáticas.

Em relação aos efeitos que o B exerce sobre o K, tem sido proposto que o B seria um importante efector da atividade da H⁺-ATPase de membrana plasmática das células radiculares (POLLARD et al., 1977; CARA et al., 2002), o qual em concentrações específicas modularia a atividade da enzima promovendo a hiperpolarização da plasmalema e subsequentemente maior absorção de K como resposta para manutenção do equilíbrio

eletroquímico celular (SCHON et al., 1990a). Porém, ainda carente de trabalhos específicos sobre o comportamento dessa interação reportada em vegetais de importância mundial como os citros, principalmente sobre seus efeitos na qualidade dos frutos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Recomendar adubação com K_2O e B para laranjeira 'Pêra', em fase de produção.

3.2 Objetivos específicos

Analisar o efeito da adubação sobre a disponibilidade de K e B no solo;

Avaliar o efeito da interação do K_2O e B aplicados ao solo sobre os conteúdos dos macros e micronutrientes e teor de prolina nas folhas;

Verificar o efeito da interação de K_2O e B sobre as características físico-química dos frutos e índice tecnológico e

Estimar a máxima eficiência física, máxima eficiência econômica e nível crítico de K e B no solo e na planta.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no ramal ZF7-B, km 7,5 da AM-010, localizado no município de Rio Preto da Eva – AM. Situado na latitude de 02° 37' 69" S e longitude de 59° 41' 56" W, com altitude média de 107 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região caracteriza-se como Ami – tropical quente e úmido, com duas estações definidas, uma estação chuvosa compreendida entre os meses de dezembro até abril, ocorrendo no primeiro trimestre do ano o maior acúmulo de chuvas, e o período mais quente compreendido entre agosto até outubro, com temperatura média local de 28°C, e precipitação média anual de 2200 mm (SIPAM, 2005). Os dados climatológicos durante o experimento podem ser observados na figura 1A.

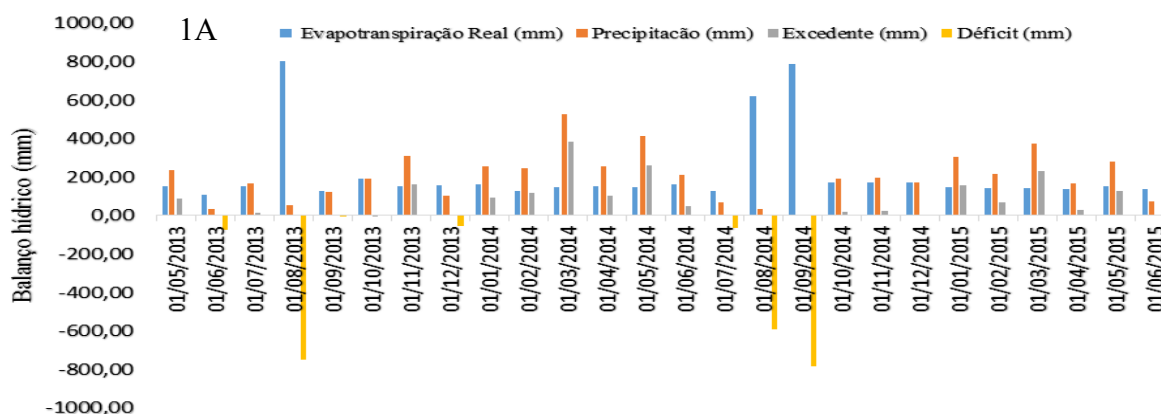


Figura 1. Balanço hídrico para o município de Manaus no período de maio/2013 a junho/2015 (1A). Dados da Rede do Inmet, 2015.

Antes da implantação do experimento foi realizada análise química e granulométrica do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, os resultados encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos na profundidade do solo de 0-20 e 20-40 cm.

Amostra	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	SB	t	T	V	m
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³		-----			cmol _c dm ⁻³	-----			-----	-----
0-20	4,50	2,20	12,0	0,90	0,40	0,90	5,05	1,33	2,26	6,38	20,8	39,8
20-40	3,70	1,42	10,0	0,55	0,20	1,20	5,15	0,78	1,99	5,93	13,2	60,3
Amostra	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S		M.O	Areia	Silte	Argila	
cm	-----						mg dm ⁻³	-----			dag kg ⁻¹	-----
0-20	0,71	89,78	1,41	0,12	0,10	22,65		1,87	1,29	8,0		80,0
20-40	0,48	71,71	0,75	0,06	0,14	29,95		1,20	11,0	5,0		84,0

pH em água – Relação 1:2,5

P e K: Extrator Mehlich 1

S: Extrator Fosfato de cálcio monobásico em ácido acético

B: Extrator água quente

Ca, Mg e Al: Extrator KCl 1M

H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5M

(t): Capacidade de Troca Catiônica efetiva

(T): Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0

V: Índice de Saturação por Bases

m: Índice de Saturação por Alumínio

M.O: matéria orgânica:

Oxidação K₂Cr₂O₇ 1N+ H₂SO₄ concentrado

P-rem: fósforo remanescente

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo de textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999), com relevo apresentando topografia plana e de boa drenagem. No momento da implantação do experimento a área encontrava-se com um pomar composto por laranjeiras da variedade ‘Pêra’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], em fase de produção com 6 (seis) anos de cultivo, tendo como porta-enxerto o limão ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), apresentando plantas com bom aspecto fitossanitário, cultivadas no espaçamento de 7 x 2,5 m, totalizando 571 plantas ha⁻¹.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, com análise em esquema fatorial 4x4+1. Os fatores foram adubação com K₂O e B em quatro níveis mais um controle. Estes corresponderam a combinação de quatro doses de K₂O (60; 120; 240 e 360 g planta⁻¹) e quatro doses de boro (4; 8; 16 e 24 g planta⁻¹). Utilizando-se como fonte de K₂O o cloreto de potássio comercial (58% de K₂O) e como fonte de B o bórax (11% de B). No tratamento controle não foi aplicado K₂O e B e o experimento foi constituído de 17 arranjos, perfazendo um total de 68 parcelas experimentais, cada unidade experimental foi composta por quatro plantas num total de 204 plantas úteis e entre as parcelas estavam dispostas as plantas de bordadura.

A maior dose de K₂O testada (360 g planta⁻¹) foi estabelecida com um valor próximo da média entre as recomendações de Mattos Júnior et al. (2009) de 400 g planta⁻¹ e da CFSEMG (1999) de 300 g planta⁻¹, e a maior dose de B foi estabelecida de acordo com a recomendação do GPACC (1994).

4.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido entre os anos de 2013 a 2015. Iniciou-se em 2013 com a calagem realizada de acordo com os resultados da análise de solo (Tabela 1) utilizando-se o calcário dolomítico tipo Filler com PRNT de 91%. A dose visando elevar a saturação por base a 70% recomendada para citros (CFSEMG, 1999) foi estimada em 3,6 t ha⁻¹, o corretivo foi aplicado manualmente a lanço, sob a área da projeção da copa e esperou-se 60 dias para a aplicação das adubações.

Os fertilizantes de cada arranjo de tratamentos foram aplicados manualmente em forma circular, na área de projeção da copa de acordo com CFSEMG (1999). A adubação com K₂O foi parcelada em quatro vezes para aumentar a eficiência da adubação e evitar perdas por lixiviação. A primeira adubação com K₂O foi realizada entre os meses de agosto,

novembro, fevereiro e maio dos anos de 2013 e 2014, e a segunda nos mesmos meses nos anos de 2014 e 2015. Enquanto que as doses de B foram parceladas em duas vezes, a primeira aplicação foi realizada nos meses de agosto/2013 e fevereiro/2014, enquanto que a segunda adubação foi realizada em agosto/2014 e fevereiro/2015.

A adubação básica para a manutenção da cultura com N e P_2O_5 correspondeu a aplicação de 400 e 150 g planta⁻¹, respectivamente, com base na análise de solo e necessidade da cultura de acordo com a CFSEMG (1999). Utilizou-se como fontes de N a uréia (44% de N) e como fonte P_2O_5 o superfosfato triplo (41% de P_2O_5). A dose do adubo fosfatado foi aplicada em uma única vez a cada ano (2013/2014). Enquanto que a adubação nitrogenada foi parcelada em quatro vezes, no mesmo período da adubação com o K_2O descrita no parágrafo anterior.

Os micronutrientes foram fornecidos junto com a adubação fosfatada, com doses equivalentes a 3, 8 e 5 g planta⁻¹ de Cu, Zn e Mn, respectivamente. As fontes utilizadas foram sulfato de cobre (13% de Cu), sulfato de zinco (20% de Zn) e sulfato de manganês (26% de Mn). As adubações com micronutrientes foram realizadas com base na análise de solo e necessidade da cultura conforme recomendação de adubação do GPACC (1994). Os fertilizantes fosfatados e micronutrientes foram aplicados na superfície do solo na área correspondente ao raio da projeção da copa das plantas sem incorporar e aplicados em uma única vez. As práticas culturais de controle de plantas daninhas foram realizadas com aplicação do glifosato, roçadeira ecológica e com capina manual, além do controle fitossanitário com fungicidas cúpricos de modo a manter a cultura livre de plantas daninhas, pragas e doenças.

4.4 Amostragem e análises das parcelas experimentais

No mês de junho de 2014 e 2015, foram realizadas as coletas de solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade e do material vegetal (folha), segundo metodologia proposta pela Embrapa (2009). As análises químicas de solo e de nutrientes foliares foram realizadas de acordo com a Embrapa (1997), enquanto que a análise de prolina livre procedeu-se segundo Miléo (2014), adaptada a de Bates et al. (1973), sendo os resultados expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ de material seco.

4.5 Avaliação da produtividade, características físico-química dos frutos e índice tecnológico

Para estimar a produtividade foram colhidos frutos na maturidade comercial determinada por Jimenez-Cuesta et al. (1983). O número de frutos foi obtido por contagem

manual dos frutos nas plantas úteis, colhidos sempre no mês de junho dos anos de 2014 e 2015, época em que o pomar estava em plena produção. A produtividade foi estimada pelo produto do peso médio dos frutos por planta e o número de plantas ha^{-1} , expressa em t ha^{-1} de acordo Neto et al. (2011).

Após a colheita, os frutos foram acondicionados em sacos de fibra e levados ao laboratório devidamente identificados, onde foram avaliadas as seguintes características físico-químicas dos frutos: Espessura da casca dos frutos e volume de suco segundo Carvalho (2010), rendimento do suco conforme Tazima et al. (2009), pH do suco segundo metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1984), acidez titulável de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985), teor de sólidos solúveis totais segundo Latimer Junior (2012), ratio conforme Chitarra e Chitarra, (2005) e índice tecnológico de acordo com Di Giorgi et al. (1993).

4.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância, regressão e teste de médias utilizando o software “ASSISTAT 7.7 BETA”. Por meio do teste F com $p \leq 0,01$ e $0,05$, obteve-se a significância do contraste, comparando-se a média do arranjo fatorial com o tratamento controle. Desdobraram-se as interações do arranjo fatorial, em seguida foi realizada a determinação das equações e confecção dos gráficos de superfícies de resposta. Os coeficientes de regressão foram avaliados pelo teste t ao nível de $p \leq 0,01$ e $0,05$. Utilizaram-se os softwares SAS para as equações e o Sigma plot 3D versão 12.0 para a superfície de resposta, sendo as equações escolhidas com base nos modelos significativos $p \leq 0,01$ e $0,05$.

Para as análises de solo em que não foi possível o ajuste da regressão polinomial, optou-se por comparar os resultados do desdobramento da interação por meio do teste de Tukey a $p \leq 0,01$ e $0,05$. Os pontos de máximo ou mínimo dos modelos ajustados foram estimados por derivada parcial entre as variáveis. A partir das equações obtidas para produtividade como função das doses aplicadas, foram estimados à máxima eficiência física (MEF) e econômica (MEE). Estimou-se a MEE considerando-se esta como 90% MEF. Ajustaram-se as equações lineares entre K e B disponíveis como variáveis dependentes das doses de K_2O e B aplicadas. Estimou-se o nível crítico no solo e na planta, bem como as doses de K_2O e B para obter-se a máxima eficiência física (ALVAREZ, 1994).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teores de K e B disponíveis no solo

Houve efeito significativo ($P \leq 0,01$ e $0,05$) das doses aplicadas de K_2O e B sobre os teores de K e B no solo (Tabela 1A). Os teores de K e B disponíveis nas parcelas controle (sem adição K_2O e B) apresentaram-se inferiores as demais parcelas com a aplicação das doses crescentes de K_2O e B (Tabela 2). Para o estudo da interação das doses de K_2O e B aplicadas (Tabelas 2A e 3A) procedeu-se a análise de regressão de teores no solo como função das doses aplicadas, entretanto os resultados obtidos não se ajustaram aos modelos testados de 1 e 2 grau de modo que os coeficientes de regressão fossem significativos. Procedeu-se, então, o desdobramento dos teores médios de K disponíveis em função das doses de K_2O e B aplicadas (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de K disponível no solo em função da combinação das doses de K_2O e B aplicadas.

Profundidade (cm) 0-20/2014				
Doses de K_2O (g planta ⁻¹)	Doses de B (g planta ⁻¹)			
	4	8	16	24
60	20,0 d B	25,8 d A	26,5 d A	25,8 d A
120	33,5 c B	35,0 c A	38,0 c A	37,2 c A
240	45,5 b B	46,0 b B	50,0 b A	49,5 b A
360	66,5 a B	68,0 a B	73,0 a A	72,0 a A
Controle	14,0**			
Profundidade (cm) 0-20/2015				
60	21,2 d B	28,0 d A	30,0 d A	30,0 d A
120	35,0 c B	38,5 c A	38,5 c A	38,0 c A
240	46,8 b C	49,0 b B	49,5 b AB	52,2 b A
360	70,5 a C	77,0 a B	83,5 a A	82,0 a A
Controle	11,0**			
Profundidade (cm) 20-40/2014				
60	17,0 d C	21,0 c B	23,0 c A	22,0 d AB
120	26,0 c B	27,8 b AB	28,2 b AB	30,5 c A
240	31,8 b A	35,0 a A	36,5 a A	35,2 b A
360	38,8 a B	39,8 a AB	42,0 a A	40,5 a A
Controle	10,0**			
Profundidade (cm) 20-40/2015				
60	17,2 d C	22,0 d B	24,8 d A	23,2 d A
120	25,8 c B	27,5 c AB	35,0 c A	28,2 c AB
240	35,0 b A	36,0 b A	38,0 b A	37,0 b A
360	40,0 a B	40,2 a B	42,8 a A	41,8 a AB
Controle	9,0**			

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

** = média do controle difere (<) em relação à média do fatorial (Teste F, $p < 0,01$).

O solo onde se estabeleceu o cultivo da laranjeira 'Pêra', inicialmente apresentava-se com 12 mg dm^{-3} de K (Tabela 1), a partir da dose de $240 \text{ g planta}^{-1}$ de K_2O , passou de baixo para médio e bom (Tabela 2) segundo a CFSEMG (1999), independente das doses de B aplicada ao solo. Isto é reflexo da maior disponibilidade de K na camada arável, o que indica que os valores obtidos com esta dose de K_2O pode suprir a necessidade da cultura nessas condições de solo.

Os teores de K disponível no solo apresentaram um efeito positivo em função das doses aplicadas de K_2O e B (Tabela 1A). Observa-se na tabela 2 que os maiores teores de K disponível foram obtidos com a combinação das doses $360:16 \text{ g}$ de K_2O e de B, respectivamente, exceto para a camada de 20-40, em 2014, cuja o maior teor pode ser observado com a combinação das doses de $240:8 \text{ g}$ de K_2O e de B. O aumento dos teores de K disponível na camada de 0-20 cm, provavelmente é decorrente da aplicação de doses crescentes de K_2O , do parcelamento da adubação, e possivelmente pela capacidade de troca de cátions (CTC), do solo em estudo, que por ser um solo argiloso pode ter evitado maiores perdas de K por lixiviação (MIELNICZUK, 1982; AUOADA et al., 2008; WU e LIU, 2008).

Ao avaliar o efeito de doses crescentes de K_2O no solo na implantação de diferentes culturas, Araújo et al. (2012), Flores et al. (2012), Silva (2015) e Veloso et al. (2015) observaram um efeito significativo da adubação potássica sobre o teor de K disponível no solo na camada de 0-20 cm. Segundo os autores este resultado pode ser explicado, não só pelo efeito da adubação potássica, mas também devido ao solo apresentar boa capacidade de troca de cátions (CTC), mantendo a capacidade do suprimento do K trocável em níveis adequados para atender às exigências nutricionais da cultura, evitando uma maior lixiviação deste nutriente ao longo do perfil do solo.

Os resultados obtidos nas camadas de 0-20 e 20-40 cm indicam que as menores doses de K_2O ocasionaram os menores teores de K disponível independentemente das doses de B (Tabela 2). Observou-se que os teores de K disponíveis na camada de 20-40 cm, foram pouco lixiviados, provavelmente a textura do solo e o parcelamento das doses aplicadas na camada de 0-20 cm tenham contribuído para evitar a perda de K no solo. Segundo Alfaro et al. (2004) e Flores et al. (2012), o K, por ser um íon muito móvel no solo, pode ser facilmente lixiviado, e essa perda pode aumentar dependendo da textura do solo.

Quanto aos teores de B disponível, verifica-se que houve efeito significativo das doses K_2O e B aplicadas, sobre os teores de B disponível no solo (Tabelas 1A e 2A). Embora não se saiba a causa e o efeito das doses crescentes de K_2O sobre os teores de B disponível no solo, os maiores teores de B na camada de 0-20 cm foram observados até a dose de 240 g

planta⁻¹ de K₂O (Tabela 3). De acordo com Hadas e Hagin (1972), existem indicativos de que altas concentrações de K no solo impostas pelas maiores doses de K₂O contribuem para o aumento da adsorção de B no solo.

É provável que o pH do solo também tenha influenciado na adsorção de B. Segundo Cruz et al. (1987) à medida que o pH é elevado até certo ponto, causa um aumento da quantidade de B adsorvido, embora os mecanismos que comandam esse processo ainda permaneçam obscuros. Na literatura científica existem trabalhos que dão suporte a teoria de quê, o que de fato governa a disponibilidade de B na solução do solo é a adsorção e não a lixiviação (CATANI et al., 1971; CORREA et al., 1985; GOLDBERG, 1997).

Os maiores teores de B disponível na camada de 0-20 cm foram obtidos com a combinação das doses de 60:16, 120:16 e 240:16 de K₂O e de B, respectivamente, em ambos os anos (Tabela 3). Provavelmente, os efeitos causados sobre os teores de B disponível no solo em função das combinações das menores doses de K₂O com as maiores doses de B, estejam relacionados aos efeitos que o K exerce sobre o B no solo (HADAS e HAGIN 1972; LOUÉ, 1993). Observa-se na tabela 3 que os maiores teores disponíveis de B no solo, variaram com o ano e com a profundidade, mostrando que o B está sujeito a lixiviação por ser um elemento extremamente móvel no solo (QUAGGIO et al., 2003; SOARES et al., 2005).

Independente das doses de K₂O aplicadas no solo, e dos anos de avaliação na camada de 0-20 cm, os maiores teores de B disponível foram obtidos a partir da dose de 16 g planta⁻¹ de B (Tabela 3). De forma semelhante ao observado para os teores de B disponível no solo na camada de 0-20 cm, Caetano e Carvalho (2006) na cultura da figueira, Silva (2012) na cultura do girassol e Silva (2015) na cultura da laranjeira verificaram um comportamento linear de B no solo em função das doses crescentes de B aplicadas no solo.

Na literatura existem diferentes valores para se interpretar os teores de B disponível no solo (GPACC, 1994; CFSEMG, 1999; MATTOS JÚNIOR et al., 2009), o que dificulta a interpretação destes fora da região de escopo de onde eles foram definidos. Entretanto, com a definição do nível crítico no solo a partir desta pesquisa, poderemos definir em uma primeira aproximação estes teores no solo para a cultura da laranja ‘Pêra’ no Estado do Amazonas.

Tabela 3. Teores de B disponível no solo em função da combinação das doses de K₂O e B aplicadas.

Profundidade (cm) 0-20/2014				
Doses de K₂O (g planta⁻¹)	Doses de B (g planta⁻¹)			
	4	8	16	24
60	0,14 c C	0,17 b B	0,26 a A	0,25 a A
120	0,20 a B	0,21 a B	0,26 a A	0,25 a A
240	0,19 a B	0,20 a B	0,25 a A	0,26 a A
360	0,17 b B	0,18 ab B	0,21 b A	0,22 b A
Controle	0,06**			
Profundidade (cm) 0-20/2015				
60	0,15 c C	0,21 a B	0,25 b A	0,26 ab A
120	0,21 a B	0,20 a B	0,26 ab A	0,27 a A
240	0,22 a B	0,19 ab C	0,27 a A	0,28 a A
360	0,18 b B	0,18 b B	0,22 c A	0,24 b A
Controle	0,04**			
Profundidade (cm) 20-40/2014				
60	0,20 c C	0,25 b B	0,26 b B	0,29 b A
120	0,25 b C	0,27 ab B	0,29 a B	0,32 a A
240	0,27 a B	0,29 a AB	0,30 a AB	0,31 a A
360	0,26 ab B	0,26 b B	0,28 ab A	0,29 b A
Controle	0,09**			
Profundidade (cm) 20-40/2015				
60	0,18 b C	0,25 b B	0,29 b A	0,28 c A
120	0,24 a C	0,29 a B	0,31 a A	0,32 a A
240	0,23 a C	0,30 a B	0,31 ab B	0,34 a A
360	0,23 a C	0,26 b B	0,31 a A	0,30 b A
Controle	0,08**			

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

** = média do controle difere (<) em relação à média do fatorial (Teste F, $p < 0,01$).

Os maiores teores de B disponível na camada de 20-40 cm foram observados com a aplicação das doses 120:16 e 240:16 g planta⁻¹ de K₂O e de B em 2014 e 2015, respectivamente (Tabela 3). Os teores de B disponíveis nessa camada foram superiores aos valores obtidos pela parcela controle sem a adição de K₂O e de B, indicando que estes foram decorrentes da movimentação do B aplicado na camada de 0-20 cm. Provavelmente, estes resultados estão relacionados as maiores doses de B aplicadas no solo e de sua lixiviação, levando em consideração a distribuição das chuvas que foi irregular após o período de adubação com B (Figura 1A). Esses resultados sugerem que, para melhor eficiência da adubação, o B deve ser aplicado parceladamente em duas ou mais vezes, devido ao seu potencial de perdas por lixiviação (QUAGGIO et al., 2003; SOARES et al., 2005).

Os resultados obtidos para os teores de B na camada de 20-40 cm, corroboram com os obtidos por Mengel e Kirkby (2001), Quaggio et al. (2003) e Andrade (2012), que também observaram um aumento nas concentrações de B na profundidade de 20-40 cm. Os autores justificam a facilidade do B em ser lixiviado devido a sua forma presente no solo, que é predominantemente na forma de ácido bórico, não iônica, encontrada na faixa de pH entre 4 a 8, apresentando boa mobilidade. Nesse sentido, o B lixiviado no presente estudo, pode ser justificado pelo volume de chuva decorrente da precipitação ocorrida durante os meses de avaliação do experimento (Figura 1A).

A lixiviação de B ajuda a explicar o fato de que, apesar da utilização de doses relativamente altas de B aplicadas no solo, não é comum a constatação de sintomas de toxicidade deste nutriente na região Amazônica (CRAVO et al., 2012; MOLINE e COUTINHO, 2015). De acordo com Wang et al. (1999) se por um lado a lixiviação de B leva à perda econômica por conta da quantidade de B que é aplicado e nem sempre fica disponível para as plantas por serem lixiviados, por outro lado, pode ser um fator de segurança quando se aplicam doses excessivas de B, isso porque, o B lixiviado evita a toxidez pelas plantas, e por proporcionar ganhos do sistema radicular da planta em profundidades. Entretanto, segundo os autores, a lixiviação de B pode ser preocupante em terrenos declivosos, porque mesmo sem causar perdas à produção agrícola, é um fator de risco para o lençol freático, que pode ser contaminado.

5.2 Conteúdo de nutrientes nas folhas

Não foi observado efeito da adubação com K_2O e B sobre o conteúdo dos nutrientes N, Ca, S e Zn, em ambos os anos de avaliação. Os conteúdos de Mg, K e B foram afetados pela adição de K_2O e de B, já os nutrientes P e Mn foram afetados apenas pela adição de B, enquanto que o Cu pela adição de K_2O (Tabelas 3A, 4A, 5A e 6A).

Os conteúdos de Ca e Mg nas folhas 33,43 e 2,95 g kg^{-1} , respectivamente, apresentaram-se abaixo dos teores adequados proposto por Quaggio et al. (2014). É provável que o aumento dos teores de K e B no solo (Tabelas 2 e 3) tenham favorecido a maior absorção de K e B pela planta e que a competição entre K, Ca e Mg pelo sítio de absorção catiônica tenha resultado na redução dos teores de Ca e Mg (SMITH, 1966; CHAPMAN, 1968; EMBLETON et al., 1973; NAGAI et al., 1975; ARAÚJO et al., 2012).

Os nutrientes N e S embora não tenham sido afetados significativamente pela adubação com K_2O e de B (Tabela 4A), os mesmos apresentaram média geral de 28,38 e 3,15 g kg^{-1} ,

respectivamente, consideradas adequados para a laranjeira 'Pêra', segundo Quaggio et al. (2014).

O conteúdo de P foi afetado de forma positivamente apenas pelas doses de B (Tabela 4A) apresentando média geral de 1,52 g kg⁻¹ considerado adequado por Quaggio et al. (2014). De acordo com Avarkryan et al. (1974), a adubação com o B favorece a absorção de P pelas plantas. Entretanto, para outros autores (BESSE e GOETS, 1965; TELLHEM, 1969; KAYA et al., 2009), a adubação com o B diminui a absorção de P pelas plantas. Nagai et al. (1975) e Vale et al. (2008) observaram que o N e o P correlacionaram-se positivamente com o K em folhas de citros. De acordo com Kluthocouski e Stone (2003) e Ribeiro e Viela (2007), a adubação potássica promove um melhor aproveitamento do N, P e do S pelas plantas, com melhora na qualidade de produção. Enquanto que a adubação boratada inibe a absorção de N e de P (BLAMEY e CHATTERJEE, 1979; MALAVOLTA et al., 1997; KAYA et al., 2009).

Os conteúdos de Cu, Mn e Zn (6,77; 19,29 e 12,17 mg kg⁻¹), respectivamente (Tabela 5A), apresentaram teores médios em todas as parcelas a baixo dos teores adequados propostos por Quaggio et al. (2014). A diminuição nos teores de Zn em função do aumento da adubação com B também foi observada por diversos autores em diferentes culturas (LÓPEZ-LEFEBRE et al., 2002; MOZAFAR, 1989; HOSSEINI et al., 2007; RAJAIE et al., 2009; MALAVOLTA et al., 1997). De acordo com Malavolta e Crocomo (1982) e Malavolta (2006b), doses elevadas de K₂O e de B diminuem a absorção de Mn e de Zn. Segundo os autores, as interações entre os nutrientes podem estimular ou inibir a absorção de outros elementos.

O efeito negativo da adubação com K₂O e B sobre o conteúdo foliar de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn também foi observado por Silva (2015), e que as maiores doses de K₂O e B afetaram de forma negativa os teores de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn. De acordo com Smith (1966) e Quaggio et al. (2005), os teores foliares dos nutrientes não dependem unicamente da disponibilidade do elemento, pois sofrem influência de outros fatores, como as interações com outros nutrientes. O que explica em parte os resultados obtidos para os valores de ambos os nutrientes nas diferentes classes de interpretação.

Em relação ao K, observou-se efeito positivo ($P < 0,05$) da interação entre as doses de K₂O e B sobre seu conteúdo nas folhas (Tabela 6A). O conteúdo de K e B na parcela controle apresentou-se inferior ao arranjo fatorial. As doses estimadas para se atingir o ponto de máxima dos conteúdos de K corresponderam a aplicação das doses de 261:14, e 227:15 g planta⁻¹ de K₂O e B em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 2A e 2B). Os conteúdos

máximos de K nas folhas foram estimados em 15,47 e 14,00 g kg⁻¹ para os anos de 2014 e 2015, respectivamente, os quais são considerados adequados para citros (MALAVOLTA et al., 1997; QUAGGIO et al., 2014).

A interação positiva entre as doses de K₂O e B indica que o suprimento adequado de B no solo favoreceu a absorção de K pelas plantas (Figuras 2A e 2B). Esses dados sugerem um efeito sinérgico entre o K e B, pois a adição de um potencializou a absorção do outro (SCHON e BLEVINS, 1990b; POWER e WOODS, 1997; DAVIS et al., 2003; QUAGGIO et al., 2003; QUAGGIO et al., 2011).

$$\hat{Y} = 13,221777 + 0,017244*K + 0,306777*B - 0,00003304*K^2 - 0,011402*B^2 + 0,000230*KB \quad (R^2 = 0,89)$$

$$\hat{Y} = 12,057169 + 0,016567**K + 0,325173**B - 0,000036544*K^2 - 0,010847**B^2 + 0,000078846*KB \quad (R^2 = 0,90)$$

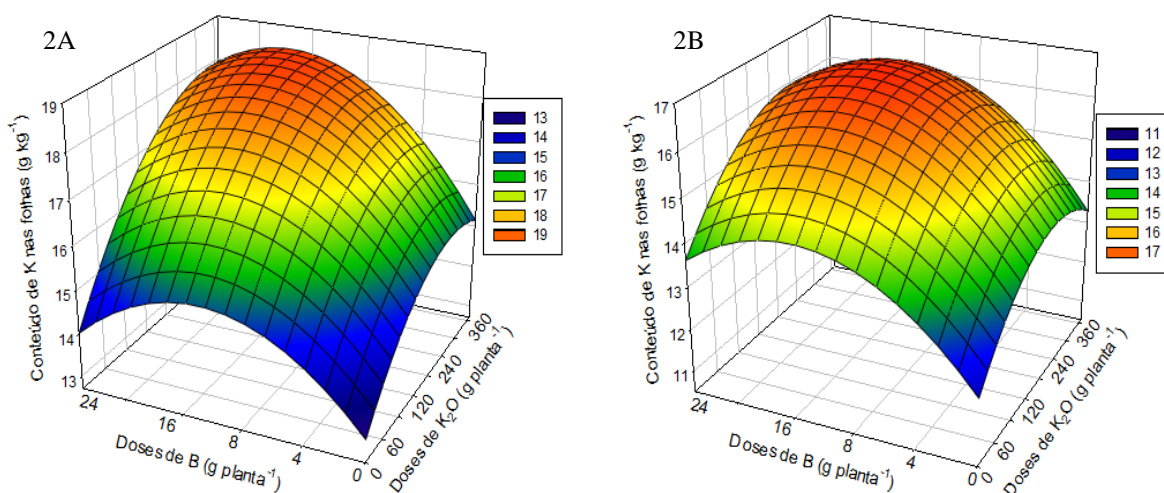


Figura 2 - Conteúdo de K nas folhas (2A e 2B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *, significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Os teores adequados de K nas folhas também podem ser justificados pela sua mobilidade na planta (TAIZ e ZEIGER, 2013) e por sua exportação para os frutos, visto que, o K é um dos nutrientes mais exportados para frutos (BATAGLIA et al., 1977; MATTOS JUNIOR et al., 2004; OBREZA et al., 2008).

Para Raij (1991), Marschner (1995) e Gommers et al. (2015), o aumento dos teores de K nas folhas ocorre porque as plantas em geral possuem mais de um mecanismo de absorção de K, inclusive para altos teores de K no solo. Segundo estes autores, as plantas absorvem quantidades acima da sua necessidade metabólica, que é acumulada em organelas da célula vegetal, caracterizando o consumo de luxo.

Segundo Schon e Blevins (1990b), Power e Woods (1997), Davis et al. (2003), Quaggio et al. (2003), Mattos Junior et al. (2004), Quaggio et al. (2011), Ferreira, (2014) e Veloso (2015), o suprimento adequado de B no solo aumenta a absorção e a translocação de

K pelas plantas. Entretanto, estes autores não reportaram quais os mecanismos específicos da interação entre K e B.

De acordo com Del Rivero (1964), Blaser-Grill et al. (1989), Schon et al. (1990a), Ferrol et al. (1993), Cakmak e Romheld (1997), Britto e Kronzucker (2008), Fatima, (2013) e Ferreira (2014), uma possível explicação para interação entre B e K, estaria relacionado ao efeito que o B exerce sobre a modulação da atividade de hidrólise de ATP e bombeamento de prótons através da membrana plasmática realizada pela H^+ -ATPase que levaria a hiperpolarização de membrana e fornecendo a força motriz para o sistema secundário de transporte de K e consequente absorção do nutriente pelas raízes das plantas.

Trabalhos que apresentem dados elucidativos sobre o quanto o B influencia na modulação da atividade da H^+ -ATPase e no transporte de K através da membrana plasmática em citros são inexistentes. Portanto, embora não se tenha feito nenhuma análise bioquímica no presente estudo para avaliar o efeito que o B exerce sobre a atividade da enzima H^+ -ATPase na membrana plasmática e sua relação com a absorção de K pelas plantas, é provável que além das doses de K_2O aplicadas no solo, assim como as de B também tenham favorecido a maior absorção de K pelas plantas.

Quanto aos conteúdos de B nas folhas observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre K e B, apresentando teores superiores aos da parcela controle (Tabela 6A). As doses associadas aos teores máximos de B nas folhas foram de 138:19 e 122:20 g planta⁻¹ de K_2O e B, em 2014 e 2015, respectivamente. Os valores estimados para os conteúdos de B nas folhas foram de 181 e 187 mg kg⁻¹ em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 3A e 3B), observa-se que estes resultados estão próximos e acima dos teores adequados para a cultura da laranjeira 'Pêra' indicados por Quaggio et al. (2014), que varia de (75-125 mg kg⁻¹).

Para Quaggio et al. (2014), níveis de B maiores que 125 mg kg⁻¹ na cultura dos citros podem causar sintomas visual de toxidez nas folhas. Porém, isto não foi observado no presente estudo. Os resultados obtidos para os altos teores de B nas folhas sem sintomas de toxidez, corroboram com os resultados observados por Smith (1954) e Quaggio et al (2003), os quais não encontraram sintomas de toxidez nas folhas de laranjeiras com níveis foliares maiores que 320 e 392 mg kg⁻¹ respectivamente. Além disso, os altos teores de B podem ser explicados pelo fato de que a aplicação localizada direciona a maior concentração do nutriente na zona radicular, proporcionando sua maior absorção pelas plantas (QUAGGIO et al., 2003; BOARETTO, 2006).

$$\hat{Y} = 145,683967 + 0,092854K + 3,697586*B - 0,000335*K^2 - 0,096775*B^2 + 0,004684*KB \quad (R^2 = 0,81)$$

$$\hat{Y} = 144,204943 + 0,072176K + 4,188417**B - 0,000295*K^2 - 0,102076*B^2 + 0,004724*KB \quad (R^2 = 0,90)$$

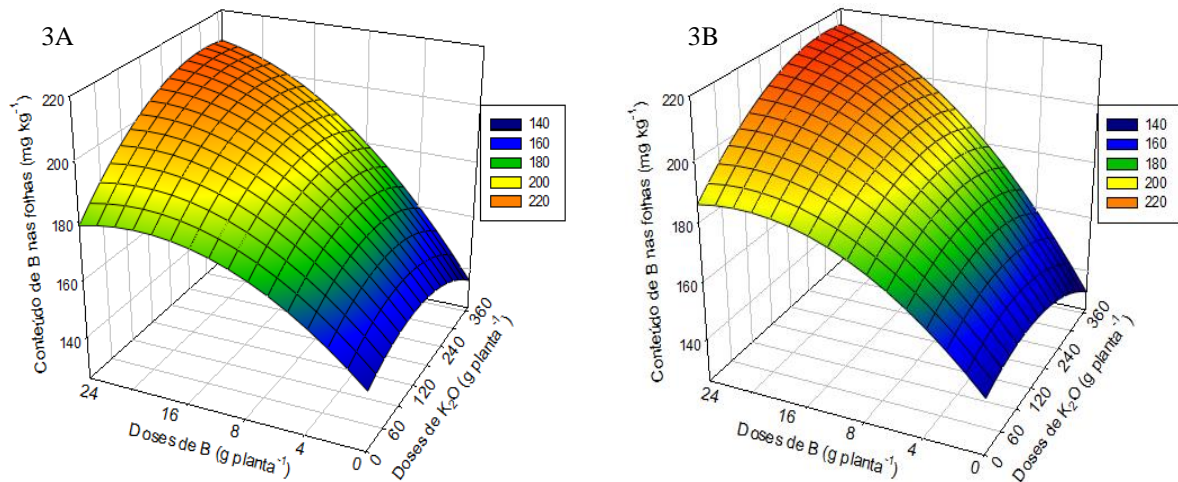


Figura 3 - Conteúdo de B nas folhas (3A e 3B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Observa-se nas figuras 3A e 3B, que os valores estimados de 19 e 20 g planta⁻¹ de B no solo nos dois anos consecutivos de avaliação foram suficientes para aumentar os teores de B nas folhas e que as doses crescentes de K₂O influenciaram de forma negativa na absorção de B pelas laranjeiras. O efeito de doses crescentes de K₂O sobre os teores de B também foi descrito por Wallace e Bear (1949), Jaime et al. (1992), Dupas (2012) e Silva (2012) para outras culturas e por Quaggio e Piza Junior (2001), Quaggio et al. (2003), Quaggio et al. (2011) em laranjeiras. Estes autores observaram que houve uma redução da absorção de B em função das doses de K₂O aplicadas, porém, nenhum mecanismo fisiológico específico foi proposto para explicar tais resultados.

Segundo Boaretto et al. (2004) e Boaretto (2006), os teores de B aumentam com o passar do tempo, isso ocorre porque as plantas cítricas podem acumular nas folhas grandes quantidades de B absorvido durante alguns anos, sendo este acúmulo proveniente da adubação com B, via solo.

Os resultados obtidos para os conteúdos de B nas folhas parecem bastante consistentes em função das doses aplicadas de B no solo (QUAGGIO et al., 2005; BOARETTO, 2006; CABRERA, 2006), porém, até o momento, não existem informações suficientes para estabelecer se a interação de K e B se deve aos efeitos sobre a disponibilidade destes nutrientes no solo e/ou as características particulares de absorção destes nutrientes pelas plantas cítricas.

É pertinente afirmar que novas pesquisas devem ser realizadas para determinar a quantidade adequada de B para a cultura da laranjeira ‘Pêra’ na região Amazônica. Já que as

doses recomendadas de 1 e 2 kg ha⁻¹ de B, utilizadas nas adubações de várias culturas, são generalizadas, e nem sempre levam em consideração o tipo de solo, teor de matéria orgânica, precipitação, entre outros fatores.

5.3 Teor de prolina livre nas folhas

Houve interação significativa ($P < 0,05$) das doses crescentes de K₂O e B aplicadas ao solo sobre os teores de prolina livre nas folhas, as quais foram afetadas de forma negativa pelas maiores doses aplicadas de K₂O e B (Tabela 6A), ajustando-se ao modelo quadrático entre os teores de prolina com as doses aplicadas de K₂O e B (Figuras 4A e 4B). Os teores mínimos de prolina foram estimados em 0,510 e 0,170 μmol de prolina g⁻¹ MS de folha em 2014 e 2015, respectivamente. Estes foram obtidos a partir das doses para o ponto de máxima de 306:22 e 302:20 g planta⁻¹ de K₂O e de B em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 4A e 4B). Provavelmente, a diminuição dos teores de prolina no segundo ano de avaliação podem estar relacionados a melhor nutrição da cultura (SARADHI et al., 1995). Isto evidencia que, dentro de certos limites, o aumento da absorção de K e B reduziu os teores de prolina, indicando que as plantas estavam menos sujeitas ao estresse (SARADHI et al., 1995; HARE e CRESS, 1997; SIRIPORNADULSIL et al., 2002).

$$\hat{Y} = 0,657811 - 0,000977**K - 0,00673**B + 0,00001596*K^2 + 0,000154*B^2 + 0,00008388*KB \quad (R^2 = 0,93)$$

$$\hat{Y} = 0,36439 - 0,001302**K - 0,006726**B + 0,000002153**K^2 + 0,000167B^2 + 0,000010082*KB \quad (R^2 = 0,87)$$

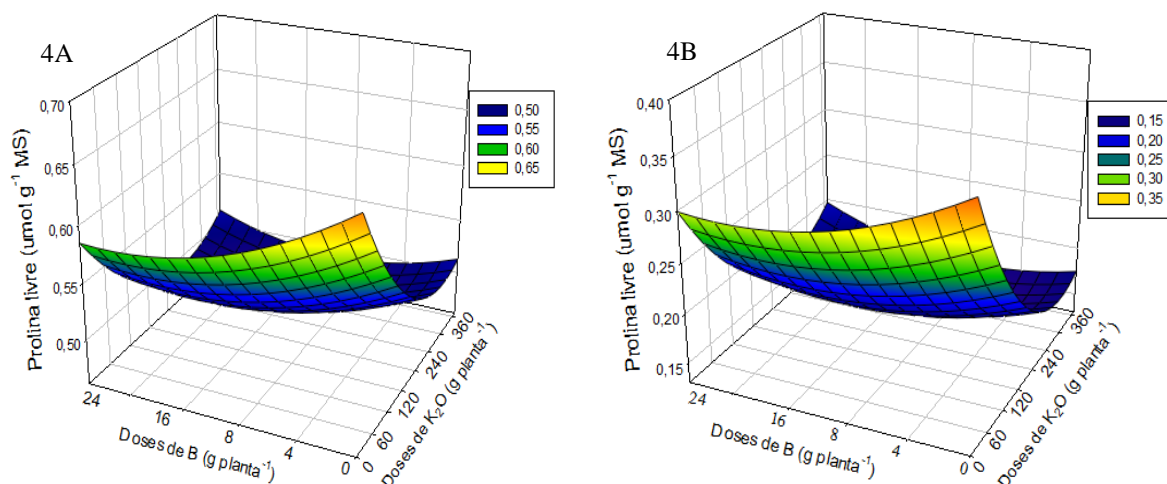


Figura 4 - Teores prolina livre (4A e 4B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Os valores abaixo de 0,200 μmol de prolina g⁻¹ MS (Figura 4B), obtidos em 2015, estão dentro do valor esperado para folhas de laranjeiras enxertadas sobre o limão ‘Cravo’ por ser tolerante ao déficit hídrico (LEDO et al., 1999; POMPEU JUNIOR, 2005). De acordo com Nolte et al. (1997) e Molinari et al. (2004), as folhas de citros em condições adequadas de

água e nutrientes apresentam até mais de 0,200 μmol de prolina g^{-1} MF. Segundo os autores, as espécies cítricas são conhecidas por acumular grandes quantidades de prolina em função de deficiências hídricas e nutricionais, e que cada espécie apresenta concentrações próprias deste aminoácido.

Os menores teores da prolina em função das maiores doses de K_2O podem ser justificados pelo fato de que o K contribui para o aumento do potencial osmótico da planta, pois, o processo de abertura e fechamento dos estômatos é regulado pela concentração de K nas células guarda (MARSCHNER, 1995). Quanto aos efeitos das doses de B sobre os teores de prolina, provavelmente os teores adequados de B no solo e na planta, tenham também influenciado nos baixos teores de prolina, também devido ao efeito do B no processo de abertura e fechamento dos estômatos (LEITE, 2002; DECHEN e NACHTIGALL, 2007; MACHADO et al., 2009; BOGIANI, 2010; NEVES, 2014).

Diversos trabalhos associam o acúmulo em níveis elevados de prolina à tolerância ao estresse hídrico (HARE e CRESS, 1997; MOLINARI et al., 2004; SODEK, 2004; SHARMA e DUBEY, 2005; RHEIN, 2008; CVIKROVÁ et al., 2013; FILIPPOU et al., 2014) e acidez do solo (HARE et al., 1999; MOSSOR, 2001; MARIN et al., 2006; VALDÉS et al., 2012). Segundo os autores, o acúmulo de prolina fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes à seca e a deficiência nutricional, e que a prolina presente em pequenas, ou mesmo em concentrações elevadas na planta, não causam efeito tóxico.

5.4 Características físico-química dos frutos em função da adubação

O número de frutos foi influenciado significativamente ($P < 0,05$) pela interação das doses de K_2O e B, sendo afetados de forma positiva pela aplicação de doses crescentes de K_2O e B, a média do controle de 615,5 número de frutos por planta foi inferior à média do número de frutos do arranjo fatorial 843,1 frutos (Tabela 7A). Nas figuras 5A e 5B observa-se a relação entre número de frutos como função das doses aplicadas, o número máximo de frutos foi estimado com as doses de 295:23 e 332:23 g planta^{-1} de K_2O e B, em 2014 e 2015, respectivamente. Estes resultados confirmam que o aumento do número de frutos está amplamente ligado a adubação principalmente dos nutrientes K e B (VITTI, 1992; BUENO E GASPAROTTO, 1999; CARVALHO et al., 1999; DUARTE et al., 2011; QUAGGIO et al., 2011). É provável que o aumento do número de frutos seja consequência do aumento do pegamento de frutos e da diminuição da queda dos mesmos (RODRIGUEZ, 1991).

$$\hat{Y} = 620,481418 + 1,092737^{**}K + 6,870327^{**}B - 0,001851^{**}K^2 - 0,142005^{*}B^2 + 0,009447^{*}KB \quad (R^2 = 0,83)$$

$$\hat{Y} = 721,348287 + 0,991454^{**}K + 2,539895^{**}B - 0,001492^{*}K^2 - 0,054319^{*}B^2 + 0,004087^{*}KB \quad (R^2 = 0,96)$$

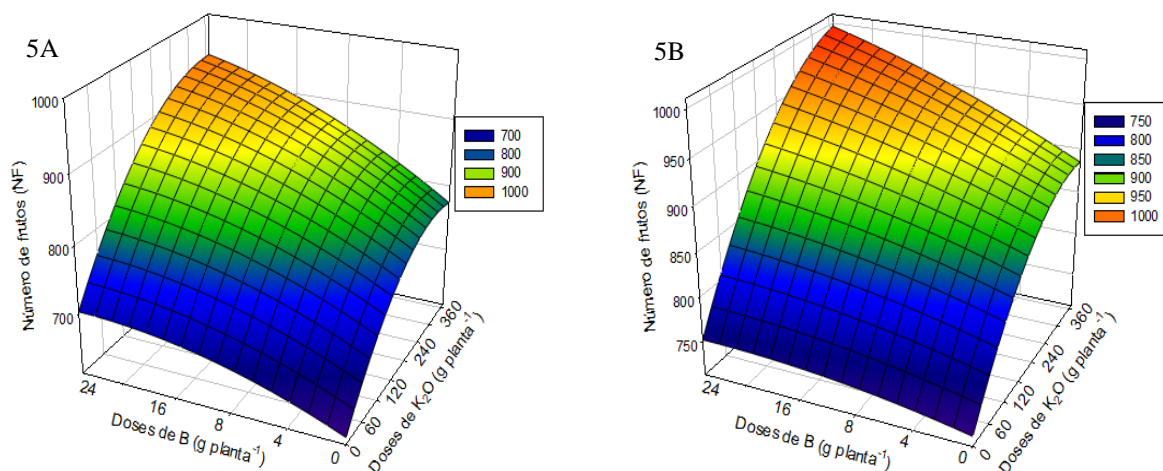
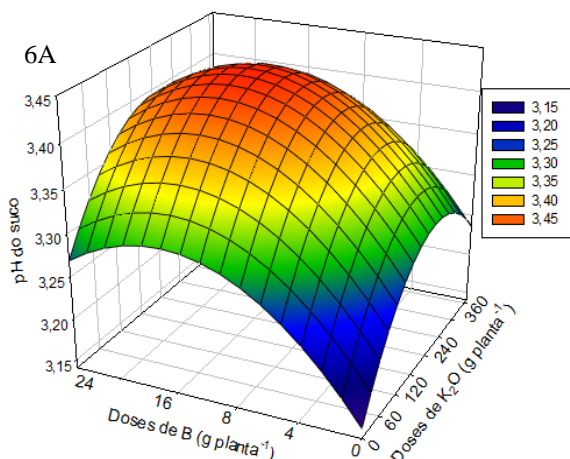


Figura 5 - Número de frutos (5A e 5B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

O pegamento e, conseqüentemente o aumento do número de frutos deve-se ao maior fornecimento da adubação com K_2O e B. Segundo Rodriguez (1991), o B afeta diretamente na qualidade do fruto cítrico, sua deficiência pode causar queda de frutos novos. O que justifica em parte o aumento do número de frutos, visto que, os teores de B tanto no solo (CFSEMG, 1999) quanto na planta (QUAGGIO et al., 2014) (Tabela 3 e Figura 3), encontram-se nas classes médio e alto, sendo suficiente para suprir a necessidade da planta (MALAVOLTA et al., 1997; MATTOS JÚNIOR et al., 2009).

Observou-se interação significativa ($P < 0,05$) no pH do suco, em função das doses aplicadas de K_2O e B (Tabela 7A), a média da parcela controle do pH 3,1 foi inferior à média do arranjo fatorial com pH de 3,9. Nas figuras 6A e 6B observa-se a relação entre pH de suco como função das doses aplicadas. Os valores de pH máximo do suco foram de 3,4 e 4,0, estimados com as doses de 220:16 e 306:21 g planta⁻¹ de K_2O e de B em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 6A e 6B). Isto evidencia a importância desses nutrientes para a qualidade do suco (RODRIGUEZ, 1991; KOLLER, 2006). A elevação do pH do suco, provavelmente está associado ao transporte e armazenamento de açúcares, (MALAVOLTA e CROCOMO, 1982; MARSCHNER, 1995; BOARETTO, 2006; MARODIN et al., 2010). Visto que, o sabor dos frutos doce ou ácido, é dependente de quantidades relativas de açúcares (COSTA, 1994).

$$\hat{Y} = 3,151737 + 0,001281**K + 0,018933*B - 0,000002906*K^2 - 0,000585*B^2 - 0,000003033*KB \quad (R^2 = 0,77)$$



$$\hat{Y} = 3,634236 + 0,00233**K + 0,006123*B - 0,000003804**K^2 - 0,000144B^2 - 0,000014209*KB \quad (R^2 = 0,85)$$

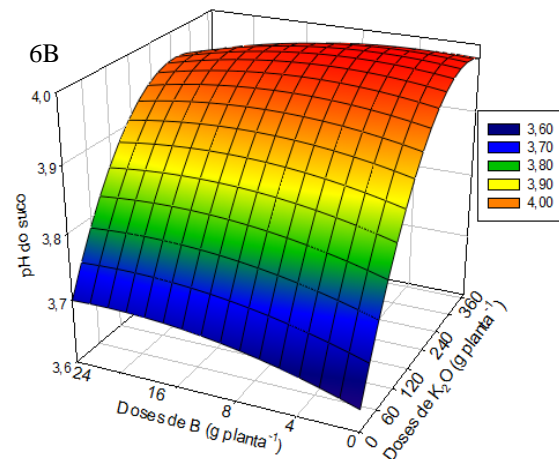


Figura 6 - pH do suco (6A e 6B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Resultados semelhantes aos obtidos para os maiores valores do pH do suco, em função de doses de K₂O e B, foi observado por Macedo e Alvarenga (2005) em tomateiro, Vásquez et al. (2005) em meloeiro, por Neto et al. (2011) em mamoeiro e por Dalbó et al. (2015) em vinhedos. Estes autores verificaram que o aumento nas doses de K₂O e de B aumentou de forma significativa o pH do suco. Enquanto que Fortaleza et al. (2005) na cultura do maracujá e Marodin et al. (2010) na cultura do morango, observaram que o pH não sofreu alterações em função das doses crescentes de K₂O.

De acordo com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento (2000) não se estabelece um valor mínimo como padrão de identidade e qualidade para o suco de laranja. Do ponto de vista industrial, o pH mais baixo é preferível em face da inibição do crescimento de bactérias (MACEDO e ALVARENGA, 2005). Entretanto, para o consumo *in natura* são desejáveis frutos que não sejam tão ácidos, porém isso depende mais do equilíbrio entre os sólidos solúveis totais e acidez titulável total (SST/ATT) do que propriamente do pH (BITTENCOURT, 2006).

Segundo Silva et al. (2005) e Oliveira et al. (2006), o valor do pH do suco pode variar de 3,4 a 4,0. Para os autores, a acidez é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício, refletindo nos processos de decomposição do alimento. Nesse sentido, observa-se que o valor de pH do suco natural da laranja ‘Pêra’, avaliado nos anos agrícolas de 2014 e 2015, encontram-se dentro da faixa característica para frutas cítricas. De acordo com Frata et al. (2002), os sucos que possuem uma baixa acidez apresentam sabor doce bem mais acentuado, sendo a preferência dos consumidores.

A espessura da casca (EC) foi influenciada de forma significativa ($P < 0,05$) pela interação das doses aplicadas de K_2O e B (Tabela 7A), com média da parcela controle da EC foi de 5,1 mm, superior à média do arranjo fatorial de 2,1 mm. Observa-se nas figuras 7A e 7B que os resultados apresentaram comportamento quadrático para a EC em ambos os anos de avaliação. Para se atingir o ponto de mínimo para a EC as doses corresponderam a aplicação de 246:23 e 351:23 g planta⁻¹ de K_2O e B em 2014 e 2015, respectivamente.

O menor valor estimado para a EC de 2,23 mm, no segundo ano de avaliação provavelmente deve-se a maior absorção dos nutrientes K e B (Figuras 2A e 2B, 3A e 3B) (EMBLETON e JONES 1974; SOUZA, 1979). Os valores estimados da EC estão dentro dos valores considerados normais para a laranja ‘Pêra’, visto que, frutos de casca mais fina, é uma característica própria da espécie (DONADIO et al., 1999; AGUIAR et al., 2014).

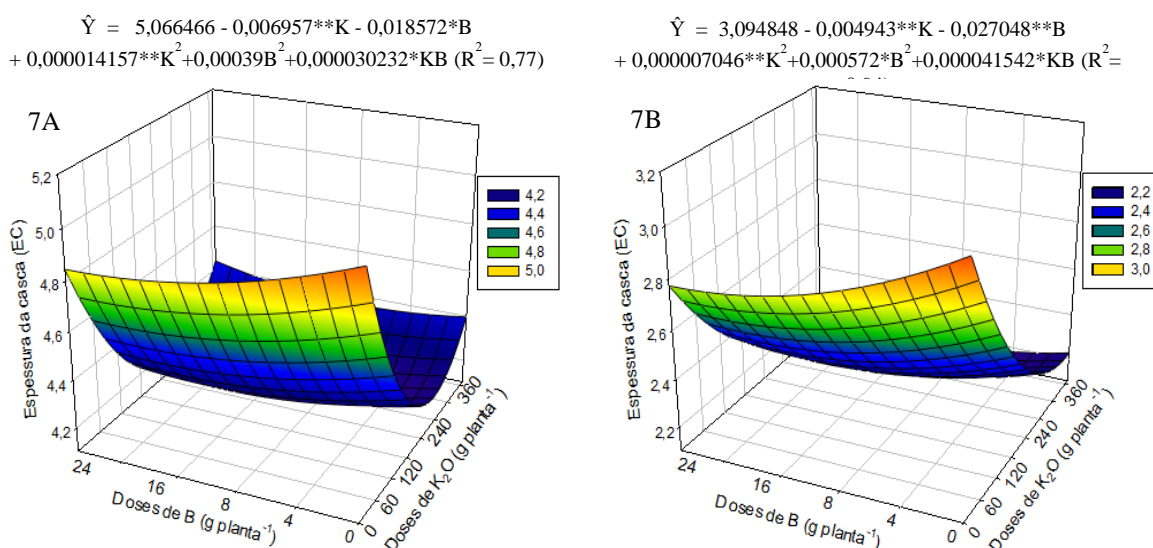


Figura 7 - Espessura da casca (7A e 7B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K_2O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Segundo Oliveira et al. (2010), os consumidores manifestam preferência por frutos com casca mais fina, para facilitar o descascamento. Neste sentido, os resultados obtidos para a EC de 2,1 mm média do arranjo fatorial se enquadram perfeitamente na preferência dos consumidores de frutas para o consumo *in natura*, que está abaixo de 4,00 mm de EC (DONADIO et al., 1995; POZZAN e TRIBONI, 2005). Quaggio et al. (2011) afirmam que a EC da laranja ‘Pêra’ pode aumentar à medida em que o fornecimento de K_2O for maior. Fato contrário ao observado no presente estudo.

Quanto ao volume do suco (VS), observa-se que houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação das doses de K_2O e de B aplicadas (Tabela 8A), apresentando valor médio da parcela controle de 1235 mL inferior ao da média geral do arranjo fatorial de 1784 mL. As

doses relacionadas aos maiores valores para o VS foram estimadas com a interação das doses 297:17 e 325:23 g planta⁻¹ de K₂O e B em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 8A e 8B). Os valores máximos estimados para o VS foi de 1400 e 1650 mL em 2004 e 2015, respectivamente. Provavelmente os maiores valores observados para o VS, estão relacionados ao maior número de frutos obtidos com adubação (Figuras 5A e 5B) (FARIAS et al., 2003; FRIGHETTO et al., 2014).

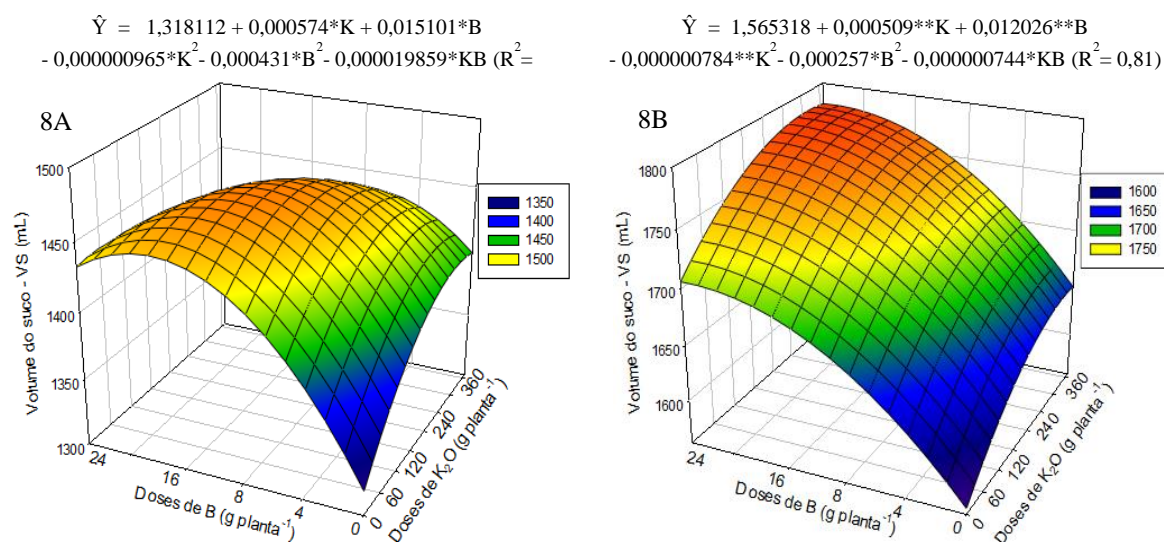


Figura 8 - Volume do suco (8A e 8B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

De forma semelhante ao observado para o volume do suco, Quaggio et al. (2011) observaram que o aumento do fornecimento de K₂O no solo favoreceu o aumento do volume do suco. Enquanto que Bologna (2003) observou que o aumento das doses de B diminuiu o volume do suco em frutos da laranjeira ‘Pêra’.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) das doses crescentes de K₂O e B aplicadas no solo sobre o rendimento do suco (RS) (Tabela 8A), promovendo efeito positivo sobre esta característica, com valor médio da parcela controle de 44,09 %, inferior à média geral do arranjo fatorial de 60,00 %. O ponto de máxima para o RS foi estimado com a interação das doses 325:23 e 241:23 g planta⁻¹ de K₂O e B em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 9A e 9B). Os valores máximos estimados para o RS foi de 55,88 e 68,00 % em 2014 e 2015, respectivamente. Os maiores valores observados para o RS, provavelmente estão relacionados a maior disponibilidade de K e B no solo (Tabelas 2 e 3), e ao maior número de frutos, estes resultados corroboram com os observados por Quaggio et al. (2011) e Frighetto et al. (2014).

Os valores obtidos para o RS (55,88 e 68,00 %) estão acima do mínimo de 45% exigido pelo mercado para a laranja ‘Pêra’ (CARVALHO, 2010; CEAGESP, 2011) e superiores aos

observados por Coelho e Nascimento (2004) e Gonçalves (2015) de 49,70 e 52,35 %, respectivamente, no Estado do Amazonas.

$$\hat{Y} = 44,242346 + 0,071554**K + 0,172105*B - 0,00011K^2 - 0,003785B^2 - 0,001173*KB \quad (R^2 = 0,77)$$

$$\hat{Y} = 67,1645 + 0,006963*K + 0,059489*B - 0,000000784*K^2 - 0,003785B^2 + 0,000052617*KB \quad (R^2 = 0,81)$$

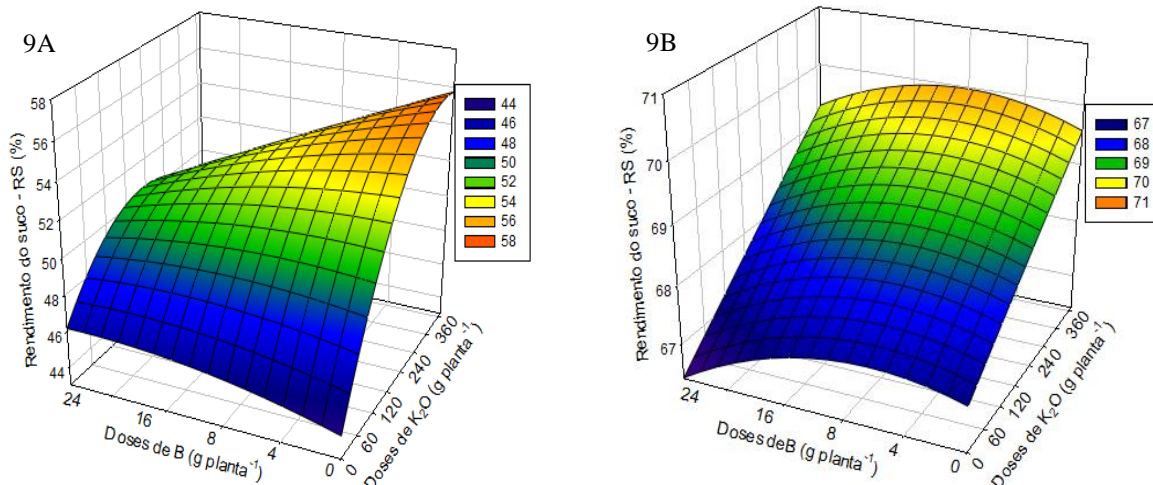


Figura 9 - Rendimento do suco (9A e 9B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

A importância de K e B para o RS e qualidade dos frutos também foi verificada por Mattos Junior et al. (2005) e por Koller, (2006). O maior RS no segundo ano de avaliação possivelmente também esteja relacionado a menor espessura da casca e ao maior número de frutos, obtidos com as maiores doses de K₂O e de B. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) e Frighetto et al. (2014), a menor espessura da casca e o aumento do número de frutos, influenciam diretamente no maior rendimento do suco e no aproveitamento do produto.

Verificou-se que os sólidos solúveis totais (SST) expressos em °Brix foram influenciados positivamente ($P < 0,05$) pela interação das doses aplicadas de K₂O e de B (Tabela 8A). A parcela de controle apresentou valor médio de 7,25 °Brix, inferior à média geral do arranjo fatorial de 10,77 °Brix. Os maiores valores obtidos para o °Brix de 10 e 14 foram estimados a partir da interação das doses 344:18 e 326:20 g planta⁻¹ de K₂O e B em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 10A e 10B).

Os valores obtidos para o °Brix estão dentro dos valores adequados para o consumo *in natura* da laranja ‘Pêra’, proposto por Oliveira (2012) de 11,8 °Brix. Provavelmente, o aumento nos valores desta característica, sobretudo no segundo ano de avaliação, seja devido aos processos de translocação de açúcares que o K e o B exercem na planta (MARSCHNER, 1995; KOLLER, 2006). De acordo com Jaeger e Putter (1999), Hunsche et al. (2003), Quaggio et al. (2003) e Cecílio Filho e Grangeiro (2004), os teores dos sólidos solúveis totais

podem aumentar ou diminuir de acordo com a disponibilidade de K e B, principalmente em função do fornecimento de K₂O.

$$\hat{Y} = 10,172014 + 0,007248**K + 0,116385**B - 0,000010527*K^2 - 0,003286**B^2 - 0,000050237*KB \quad (R^2 = 0,76)$$

$$\hat{Y} = 12,760803 + 0,008326**K + 0,019506*B - 0,000012778**K^2 - 0,000485*B^2 - 0,000023250*KB \quad (R^2 = 0,97)$$

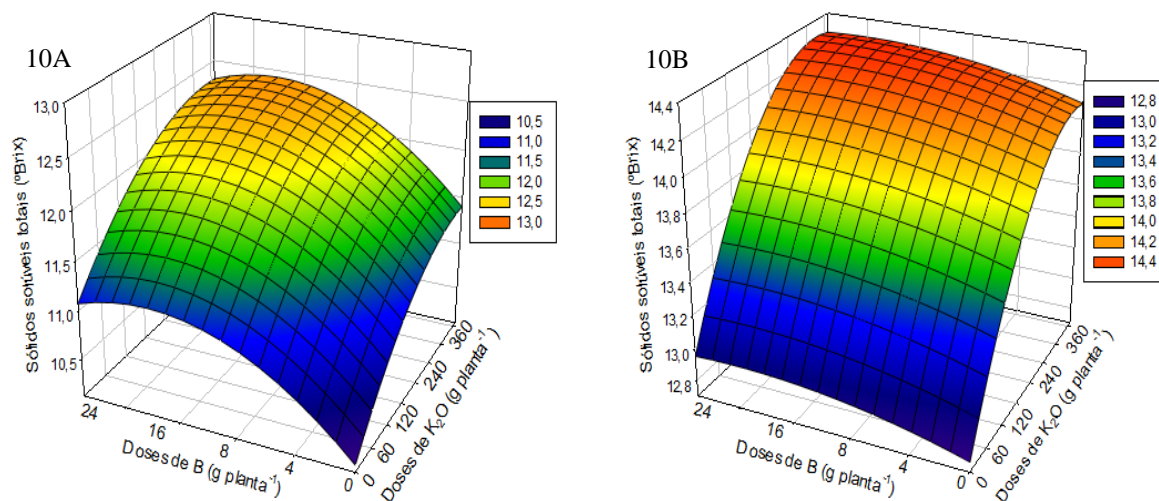


Figura 10 - Sólidos solúveis totais (°Brix) (10A e 10B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

O efeito positivo da adubação com K₂O e B sobre o °Brix também foi observado por Deswal e Patil (1984), Cecílio Filho e Grangeiro (2004), Feltrim (2010) em melancia, por Carvalho et al. (1999) no maracujazeiro-amarelo, por Quaggio et al. (2003) e Quaggio et al. (2011) na laranja ‘Pêra e Valencia’ e por Neto et al. (2011) na cultura do mamão. De acordo com Koller (2006), a deficiência de B pode provocar o espessamento do albedo causando a diminuição do teor do suco dos frutos, do açúcar e conseqüentemente do °Brix.

A acidez titulável total (ATT), avaliada pela % de ácido cítrico, foi influenciada de forma significativa ($P < 0,05$) pela interação das doses aplicadas de K₂O e B (Tabela 9A). As doses crescentes de K₂O e de B promoveram efeito negativo sobre ATT e a parcela controle apresentou valor médio de 1,45 % de ácido cítrico, superior ao da média geral do arranjo fatorial de 0,99 % de ácido cítrico. Os menores valores obtidos para a ATT de 1,2 e 1,0 % foram estimados com a interação das doses 359:23 g planta⁻¹ de K₂O e B nos anos de 2014 e 2015 (Figuras 11A e 11B). Segundo Grangeiro e Cecílio Filho (2004), o aumento no fornecimento de K aumenta seu conteúdo nos frutos ocasionando a maior neutralização de ácidos, tornando os frutos mais doces com a diminuição da acidez, o que justifica os resultados obtidos para a ATT durante a pesquisa.

Os menores valores estimados para ATT podem ser justificados pela maior absorção de K₂O e B pelas plantas (Figuras 2A, 2B, 3A e 3B), associados ao pH do suco o qual apresentou um acréscimo significativo (Figuras 6A e 6B), o que pode ter conferido à ATT

valores mais baixos (SHELP, 1993; MARSCHNER, 1995; KOLLER 2006). Os valores estimados para a ATT de 1,2 e 1,0 % são coerentes com os valores recomendados para a industrialização de suco e consumo *in natura* considerados por Pozzan e Triboni (2005) e CEAGESP (2011).

$$\hat{Y} = 1,463272 - 0,001148**K - 0,005371*B + 0,000001598**K^2 + 0,00011637B^2 + 0,000000994*KB \quad (R^2 = 0,97)$$

$$\hat{Y} = 1,322824 - 0,001733**K - 0,005638*B + 0,000002408**K^2 + 0,000116B^2 + 0,000004004*KB \quad (R^2 = 0,87)$$

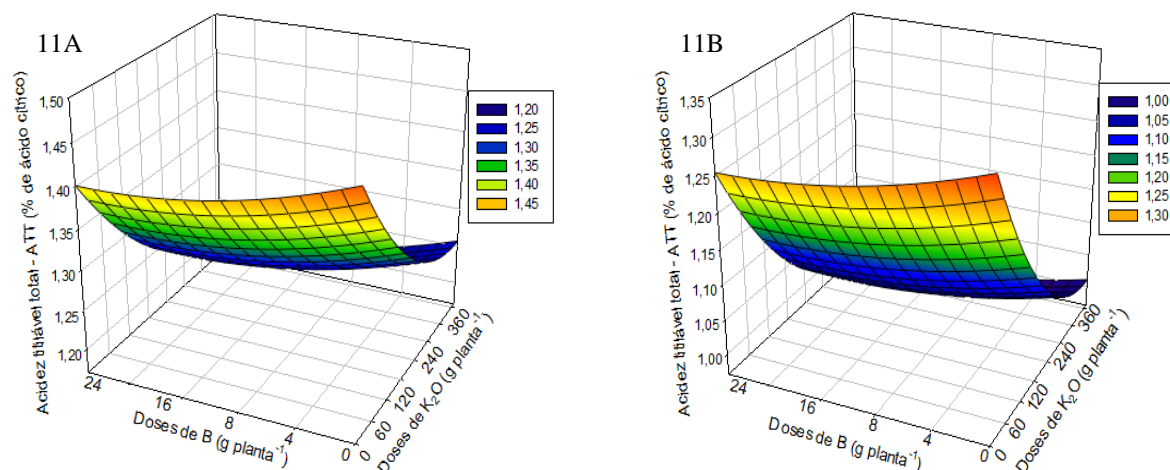


Figura 11 - Acidez titulável total (11A e 11B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados obtidos para ATT são semelhantes aos observados por Tazima et al. (2009), Medeiros et al. (2013) e Frighetto et al. (2014) em laranjeiras, por El-Razek et al. (2011) e Dalbó et al. (2015) em vinhedos, e por Sa et al. (2014) em macieira; estes autores observaram que ao aplicarem doses crescentes de K₂O e de B, a ATT diminuiu.

Quanto a relação SST/ATT (Ratio), verificou-se que esta foi influenciada de forma positiva ($P < 0,05$) pela interação das doses aplicadas de K₂O e B (Tabela 9A). O valor médio do arranjo fatorial igual a 9,58 foi superior ao da parcela controle de 5,27. Os maiores valores obtidos para o ratio foi de 8,0 e 10, respectivamente, para os dois anos avaliados, foram estimados com as doses máximas de 344:16 e 357:22 g planta⁻¹ de K₂O e B em 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 12A e 12B).

Verificou-se que o ratio aumentou à medida que o fornecimento de K₂O e B foi maior, provavelmente estes resultados estão relacionados a maior absorção desses nutrientes pelas plantas, associados ao aumento do °Brix (Figuras 10A e 10B) e da diminuição da ATT (Figura 11A e 11B) (POZZAN e TRIBONI, 2005; KOLLER, 2006).

$$\hat{Y} = 5,004664 + 0,015711*K + 0,237979*B - 0,000022846*K^2 - 0,007135*B^2 - 0,000108*KB \quad (R^2 = 0,72)$$

$$\hat{Y} = 5,876592 + 0,023933**K + 0,034795*B - 0,000033461*K^2 - 0,000774B^2 - 0,000167*KB \quad (R^2 = 0,85)$$

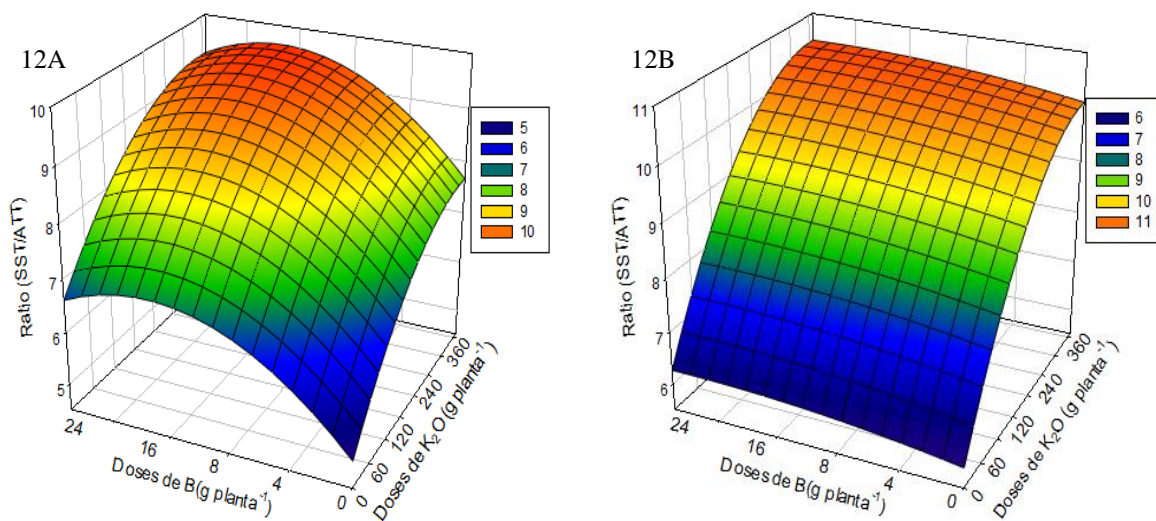


Figura 12 - Ratio (12A e 12B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Observa-se que o valor obtido para o ratio no primeiro ano de avaliação de 8,0 está abaixo dos valores apreciados pelos consumidores de laranja *in natura*. Entretanto, o valor 10,0 observado no segundo ano está dentro do adequado para o consumo da laranja ‘Pêra’, proposto por Sartori et al. (2002) e Oliveira (2012). Levando-se em conta que no Amazonas a produção de laranja é especificamente para o consumo *in natura*, o valor obtido no segundo ano atende as exigências da região.

De acordo com Sobral et al. (2000), Mattos Júnior et al. (2005) e Quaggio et al. (2006) o suprimento de K₂O em doses crescentes tende a reduzir o ratio. Segundo Hunsche et al. (2003) e Fortaleza et al. (2005), o aumento de doses de K₂O promove o acúmulo de substâncias promotoras de acidez, o que poderia estar associado ao incremento no teor de ácidos orgânicos presentes nos frutos, os quais são dependentes do equilíbrio nutricional da planta, porém esse fato não foi observado no presente estudo, em que a ATT diminuiu e os SST aumentou com o maior fornecimento de K₂O e B, favorecendo a relação SST/ATT (Ratio).

5.5 Índice tecnológico (IT) e produtividade

O IT foi influenciado de forma significativa ($P < 0,05$) pela interação das doses aplicadas de K₂O e de B (Tabela 10A), as quais promoveram um efeito positivo sobre esta característica, a parcela controle apresentou valor médio do IT de 1,30 kg SST ha⁻¹ inferior ao da média geral do arranjo fatorial de 2,59 kg SST ha⁻¹. Os valores máximos obtidos para o IT de 1,51 e 2,31 kg SST ha⁻¹ nos anos agrícolas de 2014 e 2015 foram estimados com a

interação das doses máximas de 315:18 e 318:18 g planta⁻¹ de K₂O e B, respectivamente (Figuras 13A e 13B).

É provável que o maior fornecimento de K₂O e de B que ocasionou os maiores valores obtidos para o °Brix (Figuras 10A e 10B) e para o rendimento do suco (Figuras 9A e 9B), tenha influenciado nos maiores valores do IT, principalmente no segundo ano de avaliação (Figura 13B). Segundo Donadio et al. (1995) e Nonino (1995), para se avaliar o IT deve-se levar em consideração o rendimento do suco e o °Brix, e quanto maior o valor do IT, melhor é qualidade dos frutos.

$$\hat{Y} = 1,841522 + 0,002972^{**}K + 0,010367^{*}B - 0,000004676^{**}K^2 - 0,00028B^2 - 0,000029239^{*}KB \quad (R^2 = 0,92)$$

$$\hat{Y} = 1,298629 + 0,001317^{*}K + 0,029072^{*}B - 0,00000209^{*}K^2 - 0,000822^{*}B^2 - 0,000048077^{*}KB \quad (R^2 = 0,85)$$

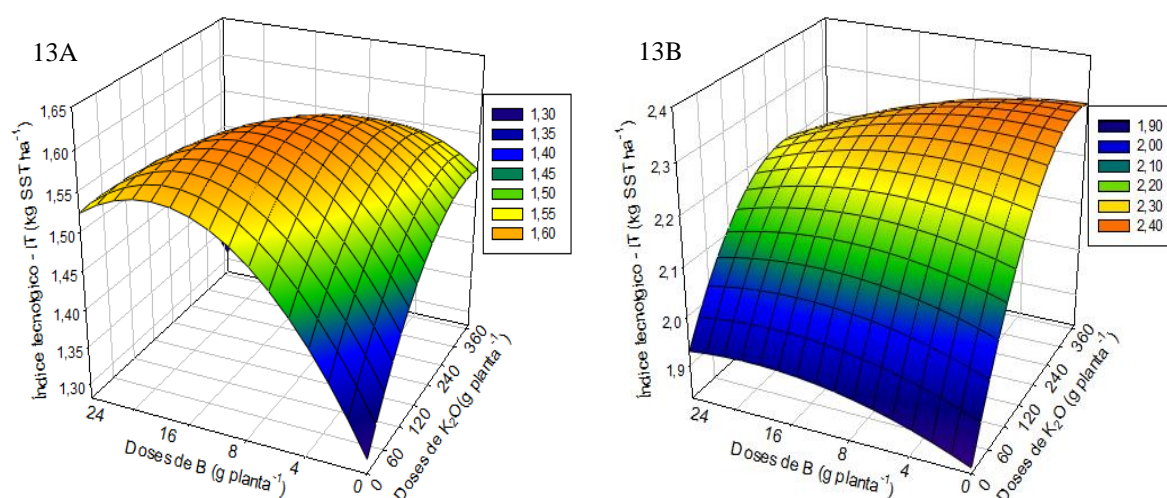


Figura 13 - Índice tecnológico (13A e 13B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

O valor estimado para o IT de 2,31 kg SST ha⁻¹ no segundo ano de avaliação está próximo aos padrões de qualidade para a comercialização da laranja ‘Pêra’, que varia de 2,68-2,85 kg SST ha⁻¹ proposto por Donadio et al. (1995) e Nonino (1995). Verificou-se que os valores do IT estimados nesta pesquisa foram superiores aos obtidos por Grizotto et al. (2012) e por Gonçalves (2015), cujos os valores variaram entre 1,98 a 1,45 kg SST há⁻¹.

Quanto à produtividade, observou-se que houve um efeito positivo ($P < 0,05$) das doses aplicadas de K₂O e B (Tabela 10A), com média geral do arranjo fatorial de 81,67 t ha⁻¹, superior ao da parcela controle de 49,80 t ha⁻¹. As doses de 307:23 e 247:22 g planta⁻¹ de K₂O e B promoveram a máxima produtividade, que foi de 66,17 e 77,66 t h⁻¹ nos anos de 2014 e 2015, respectivamente (Figuras 14A e 14B). A dose de K₂O, estimada para a máxima eficiência física da produtividade em 2015, está dentro da dose recomendada por Quaggio et al. (2014), que é de 240 g planta⁻¹ para obter uma produtividade acima de 60 t ha⁻¹.

Verificou-se que o aumento do fornecimento de K₂O e B promoveu acréscimo na produtividade no primeiro ano, enquanto que, no segundo ano, houve uma diminuição das doses de K₂O e B, para a obtenção dos maiores valores para a produtividade. É provável que no primeiro ano a exigência da planta em relação aos nutrientes K e B tenha sido maior em decorrência da menor disponibilidade desses nutrientes no solo (Tabelas 2 e 3), visto que, de acordo com o histórico da área, o pomar não recebeu nenhuma adubação nos anos anteriores a implantação do experimento. Enquanto que no segundo ano, as plantas estavam devidamente nutridas em relação a esses nutrientes (Tabelas 2A, 2B, 2A e 3B).

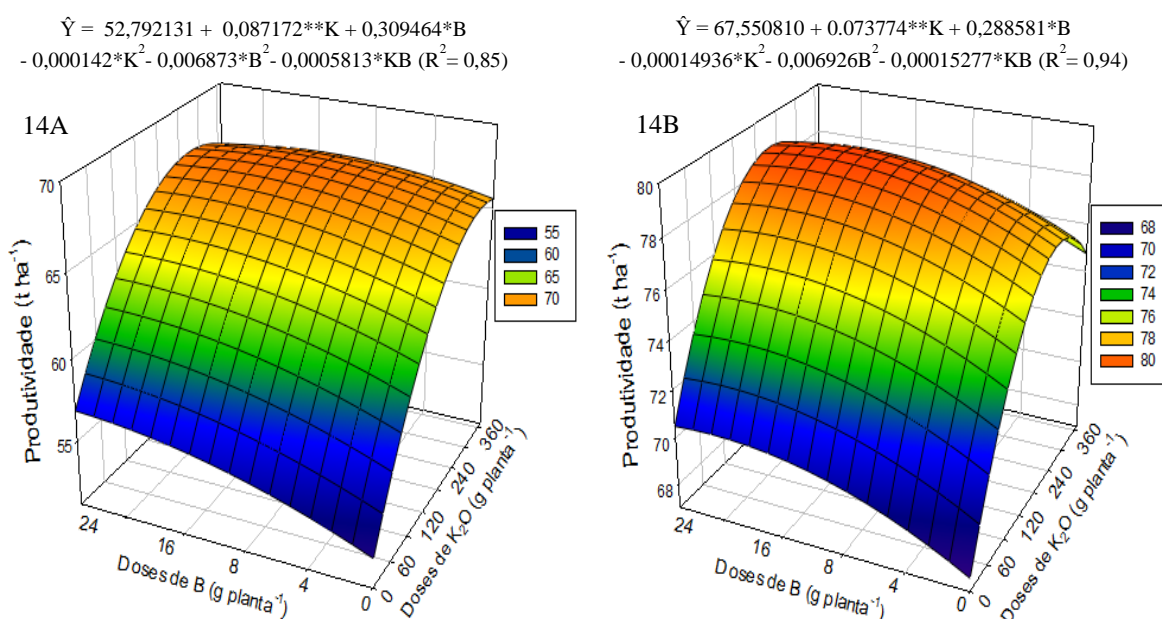


Figura 14 - Produtividade (14A e 14B) em 2014 e 2015, respectivamente, em função das doses de K₂O e B no solo. ** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Os valores obtidos para a produtividade de 66,17 e 77,66 t ha⁻¹ estão acima dos observados por Coelho e Nascimento (2004) de 42, t ha⁻¹, por Monteiro (2011) de 47,3 t ha⁻¹ e por Gonçalves (2015) de 32,51 t ha⁻¹ respectivamente, para a laranja ‘Pêra’, no estado do Amazonas.

Estudos realizados com o fornecimento de K₂O e B, aplicados no solo em outras culturas (ECHER et al., 2009; SILVA, 2012; FEITOSA et al., 2013), obtiveram um aumento de produtividade com a interação das maiores doses desses nutrientes. Da mesma forma, Quaggio et al. (2011) e Andrade (2012), ao avaliarem o efeito de fontes e doses crescentes K₂O sobre a produtividade e qualidade dos frutos de laranjeiras, observaram que a produtividade máxima foi obtida com o fornecimento de K₂O até a dose de 302 kg ha⁻¹. De acordo com Cantarella et al. (2003), Alva et al. (2006), Obreza et al. (2008) e Quaggio et al.

(2011), o K e o B são os nutrientes que mais influenciam na produtividade e qualidade dos frutos de laranjeira ‘Pêra’.

As doses para máxima eficiência econômica foram estimadas em 216:22 e 227:22 g planta⁻¹ de K₂O e B, respectivamente nos anos de 2014 e 2015, segundo (Alvarez, 1994).

As equações que relacionam os teores disponíveis de K e B, com variável dependente das doses de K₂O e B aplicados, para o K disponível foram $\hat{y} = 16,471018 + 0,060348 * K$ ($R^2 = 0,93$) e $\hat{y} = 15,345392 + 0,062403 * K$ ($R^2 = 0,95$) e para o B foram $\hat{y} = 0,075075 + 0,012065 ** B$ ($R^2=0,80$) e $\hat{y} = 0,056302 + 0,015290 ** B$ ($R^2 = 0,84$), em 2014 e 2015, respectivamente (Alvarez, 1994).

O valor do nível crítico obtido para os teores de K disponível, considerando-se as doses que proporcionaram a MEF foi de 39 e 41 mg dm⁻³ de K no solo e de 17 e 16 g kg⁻¹ K na folha em 2014 e 2015, respectivamente. Observa-se que o nível crítico de K no solo em ambos os anos está próximo ao nível médio no solo proposto pela CFSEMG (1999) para a cultura. O nível crítico de K na planta está dentro da faixa considerada adequada conforme Malavolta et al. (1997) e Quaggio et al. (2014).

O nível crítico obtido para os teores de B disponível no solo foi de 0,18 e 0,23 mg dm⁻³ e de 224 e 210 mg kg⁻¹ de B na folha, em 2014 e 2015, respectivamente. Verifica-se que o nível crítico de B no solo está abaixo da faixa considerada adequada, segundo a CFSEMG (1999). Enquanto que na planta, o nível crítico de B está acima da faixa considerada adequada para citros proposto por Quaggio et al. (2014).

Os valores observados para a produtividade, reforçam os conceitos sobre a importância do suprimento adequado de K₂O e B, para a cultura da laranja ‘Pêra’ na região Amazônica, na medida em que este nível de produtividade pode se traduzir em significativa margem de lucro, visto que o preço da laranja ‘Pêra’, para o consumo *in natura* no mercado local, é compensador quando comparado ao de outras regiões.

6. CONCLUSÃO

Considerando às medias dos dois anos de estudo pode-se concluir que:

As doses 300:16 g planta⁻¹ de K₂O e B promoveram o maior teor de K e de B na camada de 0 a 20 cm do solo;

Os conteúdos de K, Mg e B foram afetados pela adição de K₂O e de B, os nutrientes P e Mn foram afetados apenas pela adição de B, e o Cu por K₂O;

As doses 244:20 g planta⁻¹ de K₂O e B, foram as que proporcionaram maior conteúdo de K e de B, respectivamente, na folha;

As doses 304:21 g planta⁻¹ de K₂O e B foram as que proporcionaram menor teor de prolina livre nas folhas;

As doses 311:21 e 316:18 g planta⁻¹ de K₂O e B, respectivamente, proporcionaram as melhores características físico-químicas e maior índice tecnológico dos frutos;

A máxima eficiência física e a máxima eficiência econômica para a produtividade foram de 277:23 e 222:22 g planta⁻¹ de K₂O e B, sendo a máxima eficiência econômica a recomendada para adubação de pomares em fase de produção;

Os níveis críticos no solo foram de 40 e 0,20 mg dm⁻³ de K e B disponíveis, respectivamente, e na folha de 17 g kg⁻¹ de K e 217 mg kg⁻¹ de B.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.T. da E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; TUCCI, M.L.S.; CASTRO, C.E.F. de. Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas. **Boletim IAC, nº200**, 7ª edição, Campinas – SP. Instituto Agrônomo, p.452, 2014.

ALFARO, M.A.; JARVIS, S.C.; GREGORY, P.J. Factors affecting potassium leaching in different soils. **Soil Use and Management**, v.20, n.2, p.182-189, 2004.

ALVA, A.K.; MATTOS JUNIOR, D.; PARAMASIVAM, S.; PATIL, B.; DOU, H.; SAJWAN, K. Potassium management for optimizing citrus production and quality. **International Journal of Fruit Science**, v.6, n.1, p.3-43, 2006.

ALVAREZ V., V.H. **Avaliação da fertilidade do solo**. Curso de fertilidade do solo e Manejo do Solo. Viçosas-MG, p.98, 1994.

ALVAREZ V., V.H. **Avaliação da fertilidade do solo**. (Superfície de resposta -Modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta). Viçosas-MG, p.75, 1985.

ANDRADE, T.F. **Monitoramento do estado nutricional e da solução do solo em laranjeiras ‘hamlin’ fertirrigadas**. 2012. 63f. (Dissertação de Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP: Campus de Botucatu, 2012.

ARAÚJO, H.S.; QUADROS, B.R.; CARDOSO, A.I.I.; CORRÊA, C.V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p.469-475, 2012.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, K.O. Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazonica**, v.41, n.1, p.103-114, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. Ed.16. Washington, p. 1141, 1984.

ASHRAF, M.; AKRAM, N.A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M.R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v.111, p.249-296, 2011.

AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.1214-1231, 2013.

AUOADA, F.A.; MOURA, M.R.; MENEZES, E.A.; NOGUEIRA, A.R.A.; MATTOSO, L.H.C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1643-1649, 2008.

AVARYAN, N.D.; MIRAKYAN, S.K.; SHARYAN, V.S., 1974. Effect of micro fertilizer in the accumulation of nutrients and quality of potato tubers. *Izy. Self Skokhoz Nauk* v.16, n.3, p.91-94. Apud. **Boron in Agriculture**, n.106, p.14, 1974.

BATAGLIA, O.C.; RODRIGUEZ, O.; HIROCE, R.; GALLO, J.R.; FURLAN, P.R.; FURLANI, A.M.C. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. **Bragantia**, Campinas, v.36, n.21, p.215-221, 1977.

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.

BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and salt tolerance in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.24, p.23-58, 2005.

BERNARDI, A.C.C.; RASSINI, J.B.; FERREIRA, R.P. Teores de potássio no solo, estado nutricional e produção de matéria seca de alfafa em função de doses e frequência de adubação potássica após dois anos de cultivo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Pecuária Sudeste São Carlos, SP. p.25, n.33, 2012.

BESSE, D.; GOETZ, B., 1965. Análises químico Y histológico de hojas de *Vitis vinifera* cultivadas em Suelos de diferentes contenidos en nutrientes. Weinwiss. Fachz. Dtsch. Weiben, v.18, p.533-548, 1963. Apud. **Boron in Agriculture**, n.69, p.9, 1965.

BITTENCOURT, K.M.V.A. **O consumidor responde sobre a aparência e o sabor de diferentes cultivares de morango**. APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pólo Regional do Leste Paulista-UPD, Monte Alegre do Sul, 2006.

BLAMEY, P.P.C.; CHAPMAN, J. Boron toxicity in Spanish groundnuts. **Agronomy Journal**, v.71, p.57-59, 1979.

BLANCO, Flávio F.; FOLEGATTI, Marcos V.; HENRIQUES NETO, Diolino. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.12, n.1, p.26-33, 2008.

BLASER-GRILL, J.; KNOPPIK, D.; AMBERGER, A.; GOLDBACH, H. Influence of boron on the membrane potential in elodea densa and *Helianthus annuus* roots and H⁺ extrusion of suspension cultured daucus carota cells. **Plant Physiology**, v.90, p.280-284, 1989.

BOARETTO, R.M.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JÚNIOR., D.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E. Boron uptake and distribution in field grown citrus trees. **Journal of Plant Nutrition**, v.34, p.839-849, 2011.

BOARETTO, R.M.; MATTOS JUNIOR, D.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (¹⁵N) aplicado em pomar jovem de laranja. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v.29, n.3, p.600-605, 2007.

BOARETTO, R.M. **Boro (¹⁰B) em laranja: absorção e mobilidade**. 2006. 120f. (Tese de Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo: Piracicaba, 2006.

BOARETTO, A.E.; UETA, F.Z.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M. Acúmulo de nutrientes em laranja ‘Pêra’/‘Cravo’ em início de produção. In: Congresso Brasileiro de

Fruticultura,18, 2004, Florianópolis. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Florianópolis. SBF,1 CD-ROM,2004.

BOGIANI, J. C. **Absorção e mobilidade do boro em cultivares de algodão**. 2010. 96f. (Tese de Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista: Botucatu, SP, 2010.

BOLOGNA, I.R. **Adubação boratada em pomar de laranja-Pêra-rio afetada pela clorose variegata dos citros**. 2003. 78f. (Tese de Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo: Piracicaba, 2003.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Biochemistry and molecular biology of plants. Rocckville: **American Society of Plant Physiologists**, p.1158-1249, 2000.

BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. Cellular mechanisms of potassium transport in plants. **Physiologia Plantarum**, v.133, p.637-650, 2008.

BROWN, P.H.; HU, H. Phloem boron mobility in diverse plant species. **Botanica Acta**, v.111, p.331-335, 1998.

BROWN, P.H.; SHELP, B.J. Boron mobility in plants. In: DELL, B.; BROWN, P.H; BELL, R.W. **Boron in soils and plants: Reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic, p.85-101, 1997.

BUENO, N.; GASPAROTTO, L. **Sintomas de deficiências nutricionais em citros**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 6), p.19, 1999.

CABRERA, R.A.D. Manejo sustentável na citricultura. In:WORKSHOP SOBRE MANEJO SUSTENTAVEL NA AGRICULTURA. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2006.

CAETANO, L.C.S.; CARVALHO, A.J.C. de,. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1150-1155, 2006.

CAMPOS, M.C.C.; SANTOS, L.A.C.; SILVA, D.M.P.; MANTOVANELLI, B.C.; SOARES, M.D.R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.6, n.2, p.102-109, 2012.

CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIO, D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN, A.T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, p.205-213, 2003.

CAKMAK, I.; YAZICI, A.M. Magnésio um elemento esquecido na produção agrícola. **Informações Agronômicas**, n.132, p.14-16, 2010.

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

CARA, F.A.; SÁNCHEZ, E.; RUIZ, J.M.; ROMERO, L. Is phenol oxidation responsible for the short-term effects of boron deficiency on plasma-membrane permeability and function in squash roots? **Plant Physiology and Biochemistry**, v.40, p.853–858, 2002.

CARNEIRO, C.E.A.; MOLINARI, H.B.C.; ANDRADE, G.A.; PEREIRA, L.F.P.; VIEIRA, L.G.E. Produção de prolina e susceptibilidade ao glufosinato de amônio em plantas transgênicas de citrumelo ‘Swingle’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.747-753, 2006.

CARVALHO, L.M. **Características físicas e químicas de laranjeiras Pêra Rio, Natal e Valência provenientes de diferentes posições na copa**. 2010. 65f. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosas: Viçosas, MG, 2010.

CARVALHO, A.J.C. DE; MONNERAT, P.H.; MARTINS, D.P.; BERNARDO, S. Produtividade e qualidade do maracujazeiro amarelo em resposta à adubação potássica sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.3, p.333-337, 1999.

CATANI, R.A.; ALCARDE, J.C.; KROLL, F.M.A adsorção de boro pelo solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.28, p.189-198, 1971.

CECÍLIO FILHO, A.B.; GRANGEIRO, L.C. Qualidade de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.570-576, 2004.

CERDA, A.; CARO, M.; SANTA CRUZ, F. Redistribuição de nutrientes em limoeiro vema determinados por um método indireto. **Anales de Edafología y Agrobiología**, Madrid, v.41, n.3, p.697-704, 1982.

CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTER, V.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H. (Ed.) **The citrus industry**. Berkeley: University of California, p.127- 289, 1968.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Qualidade pós-colheita. In: CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, p. 541-753, 2005.

COELHO, Y. da S.; NASCIMENTO, H.G. do. **Citricultura no Amazonas: Problemas, Potencial Produtivo e Qualidade dos Frutos**. EMBRAPA. Embrapa Mandioca e Fruticultura – Cruz das Almas-BA. Citros em Foco, n.26, p.2, 2004.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V. H. Viçosa, MG, P.359, 1999.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO-CEAGESP. **Normas de classificação de citros de mesa/CEAGESP**. São Paulo: CEAGESP, p.12, 2011.

COOPER, W.C.; GORTON, B.S.; OLSON, E.O. Ionic accumulation in citrus as influenced by rootstock and scion and concentration of salts and boron in the substrate. **Plant Physiology**, v.27, p.191-203, 1952.

CORREA, A.E.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Aplicação de boro no solo e respostas do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.2, p.177-181, 1985.

COSTA, L. Qualidade pós-colheita de citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 80, p.45-51, 1994.

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J.; BRASIL, E.C. Calagem em Latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 895-908, 2012.

CRUZ, M.C.P.; NAKAMURA, A.M.; FERREIRA, M. E. Adsorção de boro pelo solo: efeito da concentração e do pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.6, p.621-626, 1987.

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in proline over producing tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.73, p.7-15, 2013.

DALBÓ, M.A.; BETTONI, J.C.; GARDIN, J.P.P.; BASSO, C. Produtividade e qualidade de uvas da cv. Isabel (*Vitis labrusca* L.) submetidas à adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, v.37, n.3, p.789-796, 2015.

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 of Horticultural Science**, v.128: p.441-446, 2003.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS/UFV, p. 92-132, 2007.

DEL RIVEIRO, J.M. **Los estados de carência em los agrios**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas, p.353, 1964.

DESWAL, I.S.; PATIL, V.K.; Effects of N, P and K on the fruit of water melon. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, [S.l.], v.9, n.3, p.308-309, 1984.

DIAS, J.R.M.; TUCCI, C.A.F.; WADT, P.G.S.; SILVA, A.M. da.; SANTOS, J.Z.L. Níveis críticos e faixas de suficiência nutricional em laranjeira-pêra na Amazônia Central obtidas pelo método DRIS. **Acta Amazonica**, vol.43, n.3, p. 239-246, 2013.

DI GIORGI, F.; IDE, B.Y.; DIB, K.; TRIBONI, H.R.; MARCHI, R.J.; WAGNER, R.L. Qualidade da laranja para industrialização. **Laranja**, Cordeirópolis, v.14, n.1, p.97-118, 1993.

DONADIO, L.C.; CABRITA, J.R.M.; SEMPIONATO, O.R. Efeito de espaçamentos duplos na produção e qualidade de frutos da laranjeira ‘Pêra’ enxertada sobre tangerineira ‘Cleópatra’, **Laranja**, Cordeirópolis, p.228, 1995.

DONADIO, L. C.; STUCHI, S.E.; POZZAN, M.; SEMPIONATO, O.R. **Novas cultivares e clones de laranja doce para indústria**. Jaboticabal – SP: Funep, v.1, p.42, 1999.

DUARTE, T.F.; BRON, I.U.; RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; MAZZAFERA, P.; SHIMIZU, M.M. Efeito da carga pendente na qualidade de frutos de laranjeira ‘Valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.3, p.823-829, 2011.

DUPAS, E. **Nitrogênio, potássio e boro: aspectos produtivos, morfológicos, nutricionais e frações fibrosas e proteicas do capim-tanzânia**. 2012. 89f. (Tese de Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo: Piracicaba, 2012.

ECHER, F.R.; DOMINATO, J.C.; CRESTE, J.E.; SANTOS, D.H. Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.171-175, 2009.

EL-RAZEK, A.; TREUTTER, D.; SALEH, M.M.S.; EL-SHAMMAA, M.; FOUAD, A. A.; ABDELHAMID, N. Effect the nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of ‘Crimson Seedless’ grape. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Milford, v.2, n.2, p.330-340, 2011.

EMBLETON, T.W.; JONES, W.W. Lemons: Leaf analysis and potassium fertilization. **Citrograph**, v.3, p.155-7, 1974.

EMBLETON, T.W.; JONES, W.W.; LABANAUSKAS, C.K.; REUTHER, W. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In: REUTER, V. (Ed.) **The citrus industry**. Berkeley: University of California, p.183-210, 1973.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Fábio Cesar da Silva/editor técnico. 2ª Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.627, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, p.412, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, p.212, 1997.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição Mineral de plantas, Princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Planta, v.1, p.401, 2006.

FARIA, A.F.; ALVAREZ, V.V.H.; MATTIELLO, F.M.; LIMA, N.J.C.; FELIX, B.N.; NOGUEIRA, P.H. Capacidade de suprimento de potássio em solos de Minas Gerais-Brasil. **Spanish Journal of Soil Science**, n.1, v.2, p.26-37, 2012.

FARIAS, P.R.S.; SIZUKI, N.L.A.; CARLOS, B.J.; DILERMANDO, P. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.2, p. 235-241, 2003.

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.

FEITOSA, H.O.; FARIAS, G.C.; SILVA JUNIOR, R.J.C.; FERREIRA, F.J.; ANDRADE FILHO, F.L.; LACERDA, C.F. Influência da adubação borácica e potássica no desempenho do girassol, **Comunicata Scientiae**, n.4, v.3, p.302-307, 2013.

FELLERS, P. J. Problems in sensory evaluation of citrus products. In: NAGY, S.; ATTAWAY, J. A. (Ed.) **Citrus nutrition and quality**. Washington: American Chemistry Society, p.319-340, 1980.

FELTRIM, A. L. **Produtividade de melancia em função da adubação nitrogenada, potássica e população de plantas**. 2010. 87f. (Tese de Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp: Campus de Jaboticabal, 2010.

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

FERREIRA, G.A. **Absorção de boro e potássio e relação com a atividade da H⁺-ATPase de porta-enxerto de citros**. 2014. 61f. (Dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico Campinas: São Paulo, 2014.

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

FIGUEIREDO, J.O. Variedades copa de valor comercial. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.C.P.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A.A. (Eds.) **Citricultura Brasileira**. 2. Ed. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p.228-264, 1991.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v.97, p.1-10, 2014.

FLORES, R.A.; PRADO, R.M.; POLITI, L.S.; ALMEIDA, T.B.F. de,. Potássio no desenvolvimento inicial da soqueira de cana crua. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p.106-111, 2012.

FONTES, C.E.P. **Produtividade e qualidade de frutos cítricos em função da aplicação foliar de nitrogênio e cálcio**. 2014, 49f. (Dissertação de mestrado em Agronomia) Universidade do Oeste Paulista: Presidente Prudente, SP, 2014.

FORTALEZA, J.M.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, p.124-127, 2005.

FRATA, M. T. **Análise descritiva quantitativa e mapa de preferência externo de suco de laranja**. 2002. 228f. (Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina: Paraná, 2002.

FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; VIEIRA, I.J.C.; CARVALHO A.C. de. Flavonóides e composição mineral de folhas de maracujazeiro amarelo em função da posição da folha no ramo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1634-1639, 2007.

FRIGHETTO, J.M.; SANTI, A.L.; PIAS, O.H.C.; TREVISAN, R.; CORASSA, G.M.; DAMIAN, J.M.; SIMON, D.H. Produtividade e qualidade físico-química de laranjas ‘Valência’ da região Norte do Rio Grande do Sul: mapeamento e correlação entre variáveis. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.20, n.1/2, p.25-32, 2014.

FURIANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, p.40-75, 2004.

GASSERT, B.; SPRICH, E.; PFEFFER, H.; DANDEL, F.; WIRÉN, N.; ROMHELD, V. Characterization of boron uptake in higher plants. In: GOLDBACH, H.E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M.A.; BROWN, P.H.; THELLIER, M.; BELL, R.W. **Boron in plant and animal nutrition**. New York: Kluwer Academic, p.119-126, 2002.

GAYET, J. P. Qualidade de frutas cítricas para exportação. **Laranja**, Cordeirópolis, v.14, n. 1, p.87-90, 1993.

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

GOMMERS, A.; THIRY, Y.; DELVAUX, B. Rhizospheric mobilization and plant uptake of radiocesium from weathered soils: I. Influence of potassium depletion. **Journal of Environmental Quality**, v.34, p.2167-2173, 2015.

GONÇALVES, G.S. **Período crítico de interferência de plantas infestantes e seus efeitos sobre as características fisiológicas e nutricionais em laranjeira ‘pera’, no amazonas**. 2015. 88f. (Tese em de doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, MANAUS – AM, 2015.

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Qualidade de frutos de melancia em função de fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p. 647-650, 2004.

GRIZOTTO, R.K.; SILVA, J.A.A.; MIGUEL, F.B.; MODESTO, R.T.; VIEIRA JUNIOR, J.B. Qualidade de frutos de laranjeira Valência cultivada sob sistema tecnificado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v.16, n.7, p.784-789, 2012.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS - GPACC. Recomendações de adubação e calagem para citros no estado de São Paulo, 3ª edição. **Laranja**, Cordeirópolis, p. 27, 1994.

HADAS, A.; HAGIN, J. Boron adsorption by soils as influenced by potassium. **Soil Science**, Baltimore, v.113, p.189-193, 1972.

HARE, P.D.; CRESS, W.A. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. **Plant Growth Regulation**, v.21, p.79-102, 1997.

HARE, P.D.; CRESS, W.A.; VAN STANDEN, J. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. **Journal of Experimental Botany**, v.50, p.413-434, 1999.

HOSSEINI, S.M.; MAFTOUN, M.; KARIMIAN, N.; ROSANAGHI, A.; EMAM, Y. Effect of zinc x boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, n.5, p.773-781, 2007.

HU, C.A.; LIN, W.W.; VALLE, D. Cloning, characterization and expression of cDNAs encoding human D1-pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase. **Journal of Biological Chemistry**, v.271, p.9795-9800, 1996.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P.R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.4, p.489-496, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3ª ed. São Paulo-SP, p.533,1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Levantamento Sistemático de Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v.29, n.1, p.1-83, 2015.

JAEGER, A.; PUTTER, H. Preharvest factors and postharvest quality decline of apples. **Acta Horticulturae**, v.485, p.103-110, 1999.

JAIME, S.; SUBIRES, M.J.; SORIA, J.T.; AGUILAR, A. Interaction K-B in avocado (*Persea americana* Mill.) culture. **Acta Horticulturae**, v.296, n.9, p.75-80, 1992.

JIMENEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA CAYUELA, J.; MARTINEZ-JAVEGA, J.M. **Teoria y practica de la desverdizacion de los citricos**. Madrid: INIA, (Hoja Técnica, 46), p.22, 1983.

LADANIYA, M. **Citrus fruit: biology, technology and evaluation**. Academic, New York, p.543, 2008.

LATIMER JUNIOR, G. W. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th. ed. Gaithersburg: AOAC, p.3000, 2012.

LEDO, A.S.; LEDO, J.S.; RITZINGER, R.; SOBRINHO, A.P.C. Porta-enxerto para laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), em Rio Branco, Acre). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1211-1216, 1999.

LEITE, V. M. **Absorção e translocação de B em cafeeiro**. 2002. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2002.

LEONEL, M.; SOUZA, L.B. de; MISCHAN, M.M. Produção de *snacks* extrusados à base de polvilho doce e fibra de laranja. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1411-1417, 2010.

LIMA, J.C.P.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; LIMA, J.G.C.; LIRA JUNIOR, M.A. Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.1, p.73-79, 2007.

LOPES, B.E.; ALBUQUERQUE, I.C.; MOURA, F.T. Perfil da citricultura de Matinhas, SB, visando ao mercado nacional. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. João Pessoa, v.1, n.1, p.1-7, 2007.

LÓPEZ-LEFEBRE, L.R.; RIVERO, R.M.; GARCIA, P.C.; SANCHEZ, E.; RUIZ, J.M.; ROMERO, L. Boron effect on mineral nutrients of tabaco. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.3, p.509-522, 2002.

LOUÉ, A. **Oligoéléments em agriculture**. Antibes: SCPA Nathan, p.577, 1993.

KAYA, C.; TUNA, A.L.; DIKILITAS, M.; KOSKEROGLU, S.; GUNERI, M. Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. **Scientia Horticulture**, v.121, p.284-288, 2009.

KIRKBY, E.A.; RÔMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações Agronômicas**, n.118, p.1-24, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Principais fatores que interferem no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no potássio. POTAFOS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. **Informações Agronômicas**, n.103, p.7, 2003.

KOLLER, O.C. (Org.). **Citricultura: 1. Laranja: Tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização**. Editado por I. Manica – Porto Alegre: Cinco Continentes, p.396, 2006.

MACEDO, L.S.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, p.296-304, 2005.

MACHADO, T. V. **Avaliação sensorial e físico-química do suco de laranja proveniente das etapas do processamento do suco concentrado e congelado**. 2010. 117 f. (Dissertação de Mestrado em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2010.

MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V.; MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; LANDELL, M.G. de A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit

hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1575-1582, 2009.

MAGALHÃES, S.S.A.; WEBER, O.L.S.; SANTOS, C.H.; VALADÃO, F.C.A. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste-RO. **Acta Amazonica**, v.43, n.1, p.63-72, 2013.

MAGALHÃES, D.M. de.; **Análise proteômica de citrumelo ‘swingle’ (*Citrus paradisi* Macfad. Cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. com alto acúmulo de prolina em situação de déficit hídrico** (Dissertação de Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná - Curitiba, p.120, 2009.

MALAVOLTA, E.; LEÃO, H.C.; OLIVEIRA, S.C.; LAVRES JUNIOR, J.; MORAES, M.F.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, M. Repartição de nutrientes nas flores, folhas e ramos da laranjeira cultivar Natal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, p.506-511, 2006a.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p.638, 2006b.

MALAVOLTA, E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMANDA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, p.179-230, 2005.

MALAVOLTA, E.; MOREIRA, A.; LEÃO, H.C. Nutrição e adubação dos citros _ produção, qualidade e doenças. In: Simpósio sobre fisiologia, nutrição, adubação e manejo para produção sustentável de citros, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2000.

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

MALAVOLTA, E.; PRATES, H.S.; CASALE, H.; LEÃO, H.C. Seja doutor dos seus citros. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, POTAFOS, arquivo agronômico v.4, n.65, p.1-24, 1994.

MALAVOLTA, E.; CASALE, H.; PICCIN, C. Nota sobre a interpretação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas de diversas variedades de laranjeira. **Laranja**, Cordeirópolis, v.12, n.2, p.345-356, 1991.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**, Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.153, 1989.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J. O potássio e a planta. In: POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. **Anais**, Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, p.95-162, 1982.

MARIJUAN, M.P.; BOSCH, S.M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, p.660-666, 2013.

MARIN, A.; SANTOS, D.M.M.; BANZATTO, D.A.; CODOGNOTTO, L.M. Influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo no teor de prolina livre de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.355-358, 2006.

MARODIN, J.C.; RESENDE, J.T.V.; MORALES, R.G.F.; CAMARGO, C.K.; CAMARGO, L.K.P.; PAVINATO, P.S. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.9, n.3, p.50-57, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. Ed. Academic Press, London, p.889, 1995.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; BOARETTO, R.M. Uso de elicitores para defesa em plantas cítricas. **Citrus Research & Technology**, v.31, n.1, p.65-74, 2010.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R.M. Citros: manejo da fertilidade do solo para alta produtividade. **Informações Agronômicas**, n.128, p.5-12, 2009.

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico/ Fundag, cap.8, p.197-219, 2005.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; CARVALHO, S.A. Superfícies de resposta do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.164-167, 2004.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Calagem e adubação de citros. **Informe Agropecuário**, v.22, n.209, p.39-46-53, 2001.

MEDINA, C. L.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L.; MACHADO, E. C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.) **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, p.148-195, 2005.

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

MEDEIROS, R.C.; MUSSER, R.S.; SILVA, M.M.; SANTOS, J.P.O.; NASCIMENTO JÚNIOR, I.R. Análise exploratória das características morfológicas e qualitativas de variedades de laranjeiras de mesa da coleção em brejão – Pe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.35, n.2, p.500-507, 2013.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênesis, p.285, 2006.

MIELNICKZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração: Experiências brasileiras. In: YAMADA, T.; MUZZILLI, O. & USHERWOOD, N.R., eds. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, p.289-303, 1982.

MILÉO, L.J. **Período crítico de interferência de plantas daninhas sobre características agronômicas e fisiológicas de duas variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**.

2014 121f. (Tese de Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas: Manaus-AM, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - BRASIL. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Complementa padrões de identidade e qualidade para suco de laranja. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**. Brasília (DF), seção 1. p.54, 2000.

MIRANDA, M.N.; CAMPELO JUNIOR, J.H. Qualidade de Frutos de Laranjeira ‘Pêra’ Colhidos nas Condições Ambientais do Município de Colorado do Oeste – Rondônia. **Uniciências**, v.16, n.1, p.39-43,2012.

MOLINARI, H.B.C.; MARUR, C.J.; BESPALHOK, J.C.; KOBAYASHI, A.K.; PILEGGI, M.; LEITE, R.P.; PEREIRA, L.F.P.; VIEIRA, L.G.E. Osmotic adjustment in transgenic citrus rootstock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. x *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. **Plant Science**, Shannon, v.167, n.6, p.1375-1381, 2004.

MOLINE, E.F.V.; COUTINHO, E.L.M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista Ciências Agrárias**, v.58, n.1, p.14-20, 2015.

MONTEIRO, G.F.P. **Período crítico de interferência de plantas daninhas na cultura dos citros no município de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus-AM, p.49, 2011.

MORAGHAN, J.T.; MASCAGNI, H.J. Environmental and soil factors affecting micronutriente deficiencies and toxicities. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R; SHUMAN, C.M.; WILCH, R.M. (ed). **Micronutriets in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America book Services, cap.11, p.371-425, 1991.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N.K. Soil Chemical Attributes of Amazonas State, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.40, n.17-18, p.2912-2925, 2009.

MOREIRA, A.; CABRERA, R.A.D.; PEREIRA, J.C.R.; GASPAROTTO, L.; GARCIA, T.B.; ARRUDA, M.R. **Diagnóstico nutricional, adubação e calagem para citros cultivados no Estado do Amazonas (1ª aproximação)**. Manaus-AM Embrapa Amazônia Ocidental, (Documentos, 56), p.26, 2008.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.1103-1110, 2004.

MOSSOR, P.T. Effect of aluminium on plant growth and metabolism. **Acta Biochimica Polonica**, v.48, n.3, p.673-686, 2001.

MOZAFAR, A. Boron effect on mineral nutrition of maize. **Agronomy Journal**, v.81, p.285-290, 1989.

NAGAI, V.; IGUE, T.; HIROCE, R. Estudo comparativo das relações entre os nutrientes dosados em folhas de café, citros e milho. **Bragantia**, v.34, p.23-27, 1975.

NEGREIROS, J.R.S.; ANDRADE NETO, R.C.; MIQUELONI, D.P.; LESSA, L.S. Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranjeira-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.1, p.40-48, 2014.

NETO, J.F.B.; PEREIRA, W.E.; CAVALCANTI, L.F.; ARAÚJO, R.C.; LACERDA, J.S. Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro 'sunrise solo' em função de doses de nitrogênio e boro. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.69-80, 2011.

NEVES, J. M.G. **Silício e boro reduzem os efeitos da deficiência hídrica no girassol**. 2014. 85f. (Tese de Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosas: Viçosas, MG, 2014.

NOLTE, K.D.; HANSON, A.D.; GAGE, D.A. Proline accumulation and methylation to proline betaine in Citrus: implications for genetic engineering of stress resistance. **Journal of the American Society**, Alexandria, v.122, n.1, p.8-13, 1997.

NONINO, E.A. Variedades de laranjas para fabricação de sucos. **Laranja**, Cordeirópolis, v.16, n.1, p.119-132, 1995.

OBREZA, T.A.; MORGAN, K.T.; ALBRIGO, G.; BOMAN, B.J. Recommended fertilizer rates and timing. In: OBREZA, T.A.; MORGAN, K.T., eds. **Nutrition of Florida citrus trees**. University of Florida, Gainesville, FL, USA. 2ª ed. p.48-59, 2008.

OLIVEIRA, I.P.; OLIVEIRA, L.C.; MOURA, C.S.F.T. Alguns fatores bióticos e abióticos que afetam a qualidade dos produtos da laranja no mercado. **Revista Faculdade Montes Belos**, v.5, n.4, p.1-25, 2012.

OLIVEIRA, R. P. de; SCHRODER, E. C.; SOUZA, E. L. de S.; SCIVITTARO, W. B.; CASTRO, L. A. S. de.; ROCHA, P. S. G. da. **Laranjeiras sem acidez**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado Pelotas, (Documento, 298), 2010.

OLIVEIRA, J.C.; PERDIGÃO, P.S.; SIQUEIRA, K.A.G.; SANTOS, A.C.; MIGUEL, M.A.L. Características microbiológicas do suco de laranja in natura. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.26 n.2, p.241-245, 2006.

PARAMASIVAM, S., A.K. ALVA, K. HOSTLER, G.W. EASTERWOOD, J.S. SOUTHWELL. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. **Journal Plant Nutrient**, v.32, n.3, p.313-327, 2000.

PHANG, J. M. The regulatory functions of proline and pyrroline-5-carboxylic acid. **Current Topics in Cellular Regulation**, v.25, p.91-132, 1985.

PEGORARO, R.F.; SANTOS NETO, J.A.; SILVA, I.R.; FONTES, R.L.F.; FARIA, A.F.; MOREIRA, F.F. Crescimento de soja em solos em resposta a doses de boro, calagem e textura do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1092-1098, 2008.

PELISER, O.; KOLLER, O.C.; BARROS, I.B.I. Rendimento e qualidade de frutos da laranjeira 'Valência' submetida à adubação com magnésio, manganês zinco e boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.5-61, 1993.

PEREIRA, J.C.R.; MOREIRA, A.; ARRUDA, M.R. de.; GASPAROTTO, L. **Recomendação, Calagem e Gessagem para o Cultivo da Bananeira no Estado do Amazonas (2ª Aproximação)**. Manaus-AM Embrapa Amazônia Ocidental, (Documentos, 116), p.29, 2014.

PIO, R. M. **Caracterização e avaliação de frutos de oito variedades do grupo das tangerinas**. 1992. 77f. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

POLLARD, A.S.; PARR, A.J.; LOUGHMAN, B.C. Boron in relation to membrane function in higher plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 28, p. 831-834, 1977.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Eds.) **Citros**. Campinas: Cap. 4, 2005.

POZZAN, M.; TRIBONI, H.R. Colheita e qualidade do fruto. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC; Fundag, cap.26, p.801-822, 2005.

POWER, P.P.; WOODS, W.G. The chemistry of boron and its speciation in plants. In: DELL, B.; ROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds.). **Boron in soil and plants: review**. Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil, v.193, n.1-2, p.1-13, 1997.

PRATES, H.S.; LAVRES JUNIOR, J.; MORAES, M.F. O enxofre como nutriente e agente de defesa contra pragas e doenças. **Informações Agronômicas**, n.115, p.8-9, 2006.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M.; ZAMBROSI, F.C.B. (2014): Nova recomendação de adubação para macro e micronutrientes na citricultura. **Boletim 100, IAC**. Campinas: disponível em ([www.centrodecitricultura.br/userfiles/files/36ª Semana-da-Citricultura-2014/04/06/141120.pdf](http://www.centrodecitricultura.br/userfiles/files/36ª_Semana-da-Citricultura-2014/04/06/141120.pdf)). Acesso em 26/10/2015.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. **Scientia Agricola** (Piracicaba, Braz.) [Online], v.68, n.3, p.369-375, 2011.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization in tropical soils. **Fruits**, Paris, v.61, n.5, p.1-10, 2006.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas, SP: Instituto Agronômico/Fundag, cap.17, p.483-507, 2005.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranja Pêra. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.5, p.627-634, 2003.

QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.T. Micronutrientes para frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.V.; ABREU, C.A. (Ed.) **Micronutrientes tóxicos e metais pesados na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, cap.18, p.459-492, 2001.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: Ceres/POTAFOS, p.343, 1991.

RAJAIE, M.; EJRAIE, A.K.; OWLIAIE, H.R.; TAVAKOLI, A.R. Effect of zinc and boron interaction on growth and mineral composition of lemon seedlings in a calcareous soil. **International Journal of Plant Production**, v.3, n.1, p.39-50, 2009.

RAO, N.R.C.; KRISHNASASTRY, K.S; UDAYAKUMAR, M. Role of potassium in proline metabolism. I. Conversion Of precursors into proline under stress conditions in K sufficient and K deficient plants. **Plant Science Letters**, v.23, p.327-334, 1981a.

RAO, N.R.C.; KRISHNASASTRY, K.S; Udayakumar, m. role of potassium in proline metabolism. II. Activity of arginase in K-deficient and K-sufficient plants. **Plant Science Letters**, v.23, p.335-340, 1981b.

RHEIN, A.F.L. **Atividade da redutase do nitrato e acúmulo de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar submetidas aos estresses hídrico e ácido no solo**. 2008. 67f. (Dissertação de mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias: Jaboticabal, 2008.

REUTHER, W. Potential for citrus culture in the Amazon Valley. In: ALVIM, P.T. **Ecophysiology of tropical crops**. Itabuna: CEPLAC, p.31, 1975,

RIBEIRO, D.O.; VILELA, L.A.F. **Nutrientes**. Faculdades Integradas de Mineiros Instituto de Ciências Agrárias-Ica Faculdade de Agronomia, Mineiros-GO, p.54, 2007.

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

RODRIGUEZ, O. Aspectos fisiológicos nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, R.F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.S., ed. **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, p.419-475, 1991.

SA, A. A. de; ERNANI, P.R.; NAVA, G.; AMARANTE, C.V.T. do; PEREIRA, A.J. Forms of boron application and its influence on quality and yield of apples (*Malus domestica*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.487-494, 2014.

SALTALI, K.; BILGILI, A.V.; TARAKCIOGLU, C.; DURAK, A. Boron adsorption in soils with different characteristics. **Asian Journal of Chemistry**, v.17, p.2487-2494, 2005.

SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.; VILLARICA, J.; NICHOLAIDES, J. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. **Science**, v.216, p.821-827, 1982.

SARTORI, I.A.; KOLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F.; BENDER, R.J.; SCHAFER, G. Maturação de frutos de seis cultivares de laranjas doces na depressão central do Rio grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p.364-369, 2002.

SARADHI, P.; ALIA, P.; ARORA, S.; PRASAD, K.V. Proline accumulates in plants exposed to UV radiation and protects them against UV induced peroxidation. **Biochem Biophys Res Commun**, v.209, p.1-5, 1995.

SCHINOR, E.H; AGUILAR-VILDOSO, C.I; MOURÃO FILHO, F.A.A. Caracterização agronômica de seleções de laranja Pera e sua relação com a mancha-preta dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v.30, n.1/2, p.75-96, 2009.

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

SCHON, M.K.; BLEVINS, D.G. Foliar boron applications increase the final number of branches and pools on branches of fieldgrown soybeans. **Plant Physiology**, v.92, p.602-607, 1990b.

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia dos citros. In: In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR, J. (Eds.). **Citros**. 11, 2005. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, p.3317-344, 2005.

SFREDO, G.J.; LANTMANN, A.F. Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja. **Circular Técnica**, n.53, p.1-6, 2007.

SHARMA, P.; DUBEY, R.S. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.8, p.854-864, 2005.

SHELP, B.J. Physiology and biochemistry of boron in plants. In: GUPTA, U.C. **Boron and its role on crop production**. Boca Raton: CRC Press, cap.4, p.53-85, 1993.

SEKI, M.; UMEZAWA, T.; URANO, K.; SHINOZAKI, K. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. **Current Opinion in Plant Biology**, v.10, p.296-302, 2007.

SILVA, S.V. da. **Calagem e adubação com potássio, boro e cobre em laranjeira ‘Pêra’ em Manaus – AM**. 2015. 84f. (Tese de Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas: Manaus, AM, 2015.

SILVA, F.D.B. da. **Boro, cultivar e local de cultivo afetam a produtividade de aquênios e óleos de girassol**. 2012. 78f. (Tese de Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, MG, 2012.

SILVA, A.M. da. **Diagnostico nutricional de pomares de laranja ‘Pêra’ [Citrus sinensis (L.) Osbeck] na região de Manaus – AM**. 2011. 88f. (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas: Manaus, AM, 2011.

SILVA, P.T.; FIALHO, E.; LOPES, M.L.M.; MESQUITA, V.L.V. Sucos de laranja industrializados e preparados sólidos para refrescos: estabilidade química e físico-química. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. v.25 n.3, p.597-602, 2005.

SISTEMA DE PROTECAO DA AMAZONIA – SIPAM. **Boletim climático da Amazônia**. Manaus: Divisão de meteorologia, p.2, 2005.

SIRIPORNADULSIL, S.; TRAIN, S.; VERMA, D.P.S.; SAYRE, R.T. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. **Plant Cell**, v.14, p.2837-2847, 2002.

SMITH, P.F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N.P. (Ed.). **Nutrition of fruit crops: tropical, subtropical, temperate tree and small fruits**. Somerville: Somerset Press, p.174-207, 1966.

SMITH, P.F. Boron deficiency in Florida citrus groves. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, v.67, p.69-73, 1954.

SMITH, P.; REUTHER, W. Observations on boron deficiency in citrus. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.62, p.21-37, 1949.

SOARES, M.R; ALLEONI, L.R.F; CASAGRANDE, J.C. Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados. **Química Nova**, v.28, n.6, p.1014-1022, 2005.

SOBRAL, L.F.; SOUZA, L.F.S.; MAGALHÃES, A.F.J.; SILVA, J.U.B.; LEAL, M.L.S. Resposta da laranjeira-Pêra à adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em um Latossolo Amarelo dos Tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.307-312, 2000.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogênio. In: KERBAUY, G.B (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p.94-113, 2004.

SOUZA, J.A.; CANESIN, R.C.F.S.; BUZZETTI, S. Mobilidade de boro em mudas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.34, n.3, p.930-935, 2012.

SOUZA, M. de. Adubação das plantas cítricas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.5, n.52, p. 26-31, 1979.

SYERS, J.K. Potassium in soils: current concepts. In: Johnston AE, editor. Proceedings of the IPI Golden Jubilee Congress 1952-2002. Basel: **International Potash Institute**. p.301-310, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, p.918, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução de SANTARÉM, E.R. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, p.719, 2004.

TAZIMA, Z.H.; NEVES, C.S.V.J.; STENZEL, N.M.C.; YADA, I.F.U.; JUNIOR, R.P.L. Produção e qualidade de frutos de cultivares de laranja-doce no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.2, p.474-479, 2009.

TELLHEM, E. 1965. Nutrient requirements on content of alfafa in different development phases. Albrecht Thaer - Arch., v. 12, n.9, p.821-828. Apud. **Boron in Agriculture**, n.87, p.14, 1969.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei**, v.19, p.325-346, 2008.

TUCCI, C.A.F. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia**. 1991. 142f. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosas-MG, 1991.

UMEZAWA, T.; YOSHIDA, R.; MARUYAMA, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K. SRK2C, a SNF1-related protein kinase 2, improves drought tolerance by controlling stress-responsive gene expression in *Arabidopsis thaliana*. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v.101, n.49, p.17306-17311, 2004.

VALDÉS, O. F.; MORALES, C. R.; MENDOZA, A. B.; GONZÁLEZ, M. A. N.; STAR, J. V.; CÁRDENAS, A. O.; TORRES, V. R. Ion and salt effects on the productivity and proline accumulation in *Lippia graveolens* H.B.K. **FYTON**, New York, v. 81, p.191-198, 2012.

VALE, D.W.; PRADO, R.M.; NATALE, W.; ALVES, A.U. Resposta nutricional do porta-enxerto de Limoeiro ‘citrumelo’ à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.8, n.4, p.40-48, 2008.

VÁSQUEZ, M.A.N.; FOLEGATTI, M.V.; DIAS, N.S.; SOUSA, V.F. Qualidade pós-colheita de frutos de meloeiro fertirrigado com diferentes doses de potássio e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.199-204, 2005.

VELOSO, C.A.C.; SILVA, A.R.; SALES, A. Efeito do boro e potássio na formação do açaizeiro em Latossolo amarelo do nordeste Paraense. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p.1059-1066, 2015.

VELOSO, C.A.C.; CARVALHO, E.J.M.; SOUZA, F.R.S de. **Resposta da laranjeira à adubação Nitrogenada e Potássica em Latossolo Amarelo do nordeste paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 61) p.20, 2006.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v.35, n.4, 2008.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. Editora Ceres, São Paulo, SP. p.416, 1987.

VITTI, G.C. Nutrição e crescimento de plantas cítricas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, Bebedouros. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, p.132-162, 1992.

VOLPE, C.A.; SCHOFFEL, E.R.; BARBOSA, J.C. Influência de algumas variáveis meteorológicas sobre a qualidade dos frutos das laranjeiras ‘Valencia’ e ‘Natal’. **Revista Brasileira Agrônômica**, v.8, p.85-94, 2000.

ZAIFNEJAD, M.; CLARK, R.B.; SULLIVAN, C.Y. Aluminum and water stress effects on growth and proline of sorghum. **Journal of Plant Physiology**, v.150, p.338-344, 1997.

ZHANG, J.; NGUYEN, H.T.; BLUM, A. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. **Journal of Experimental Botany**, n.50, p.291-302, 1999.

WALLACE, A.; BEAR, F.E. Influence of potassium and boron on nutrient-element balance in and growth of ranger alfalfa. **Plant Physiology**, v.24, n.4, p.664-680, 1949.

WANG, K.; YANG, Y.; BELL, R.W.; XUE, J.M.; YE, Z.Q.; WEI, Y.Z. Low risks of toxicity from boron fertilizer in oilseed rape-rice rotations in Southeast China. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.54, p.189-197, 1999.

WIEND, T. Magnésio nos solos e nas plantas. In: Otimização da produção. **Informações agronômicas**, n.117, p. 19-21, 2007.

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

WU, L.; LIU, M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. **Carbohydrate Polymers**, New Jersey, v.72, n.2, p.240-247, 2008.

ANEXOS

Tabela 1A. Resumo da análise de variância para os teores de potássio (K) e boro (B) na profundidade de 0-20 cm em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio			
		0-20 cm/2014		0-20 cm/2015	
		K	B	K	B
Bloco	3	27,08 ^{ns}	0,001 ^{ns}	25,39 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Tratamentos	16	1573,7 ^{**}	0,009 ^{**}	2066,9 ^{**}	0,015 ^{**}
Dose de K	3	5697,7 ^{**}	0,016 ^{**}	6985,3 ^{**}	0,015 ^{**}
Dose de B	3	442,9 ^{**}	0,007 ^{**}	674,0 ^{**}	0,013 ^{**}
Int. B*K	9	63,73 [*]	0,008 ^{**}	106,8 ^{**}	0,016 ^{**}
Testemunha	1	6184,6 ^{**}	0,112 ^{**}	9131,5 ^{**}	0,019 ^{**}
Resíduo total	48	25,61	0,001	10,85	0,001

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 2A. Resumo da análise de variância para os teores de potássio (K) e boro (B) na profundidade de 20-40 cm em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio			
		0-20 cm/2014		0-20 cm/2015	
		K	B	K	B
Bloco	3	1,451 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,995 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Tratamentos	16	333,9 ^{**}	0,013 ^{**}	381,1 ^{**}	0,021 ^{**}
Dose de K	3	1363,7 ^{**}	0,027 ^{**}	1515,2 ^{**}	0,023 ^{**}
Dose de B	3	106,4 ^{**}	0,009 ^{**}	148,3 ^{**}	0,051 ^{**}
Int. B*K	9	14,72 [*]	0,009 ^{**}	26,94 ^{**}	0,009 ^{**}
Testemunha	1	800,1 ^{**}	0,012 ^{**}	864,8 ^{**}	0,025 ^{**}
Resíduo total	48	6,326	0,001	3,714	0,001

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 3A. Resumo da análise de variância para o teor foliar de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio			
		0-20 cm/2014		0-20 cm/2015	
		Ca	Mg	Ca	Mg
Bloco	3	3,018 ^{ns}	0,172 ^{ns}	1,612 ^{ns}	0,033 ^{ns}
Tratamentos	16	3,952 ^{ns}	0,206 ^{ns}	1,922 ^{ns}	0,135*
Dose de K	3	1,589 ^{ns}	0,176 ^{ns}	1,762 ^{ns}	0,202*
Dose de B	3	10,62 ^{ns}	0,117 ^{ns}	1,248 ^{ns}	0,286*
Int. B*K	9	2,788 ^{ns}	0,244 ^{ns}	2,301 ^{ns}	0,073 ^{ns}
Testemunha	1	1,512 ^{ns}	0,213 ^{ns}	1,012 ^{ns}	0,045 ^{ns}
Resíduo total	48	6,912	0,152	2,006	0,069

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 4A. Resumo da análise de variância para os teores foliar de nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		2014			2015		
		N	P	S	N	P	S
Blocos	3	0,258 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,324 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Tratamentos	16	5,721 ^{ns}	0,016*	0,021 ^{ns}	2,272*	0,016**	0,008 ^{ns}
Dose K	3	8,674 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,019 ^{ns}	3,255 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Dose B	3	9,112 ^{ns}	0,059**	0,024 ^{ns}	3,097 ^{ns}	0,042**	0,012 ^{ns}
Int. B*K	9	4,239 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,021 ^{ns}	1,857 ^{ns}	0,014*	0,006 ^{ns}
Testemunha	1	0,278 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,585 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Resíduo total	48	3,358	0,008	0,012	1,220	0,006	0,005

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 5A. Resumo da análise de variância para os teores de foliar de cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		2014			2015		
		Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn
Blocos	3	0,319 ^{ns}	0,358 ^{ns}	0,126 ^{ns}	0,197 ^{ns}	0,714 ^{ns}	0,206 ^{ns}
Tratamentos	16	0,898 ^{ns}	3,662 ^{ns}	0,554 ^{ns}	0,813 [*]	3,103 ^{ns}	0,377 ^{ns}
Dose K	3	0,953 ^{ns}	1,262 ^{ns}	1,056 ^{ns}	1,198 [*]	1,229 ^{ns}	0,663 ^{ns}
Dose B	3	0,054 ^{ns}	12,35 [*]	0,916 ^{ns}	0,069 ^{ns}	9,752 ^{ns}	0,586 ^{ns}
Int. B*K	9	1,251 ^{ns}	1,023 [*]	0,285 ^{ns}	1,012 ^{ns}	1,014 ^{ns}	0,199 ^{ns}
Testemunha	1	0,101 ^{ns}	8,532 ^{ns}	0,388 ^{ns}	0,105 ^{ns}	7,576 ^{ns}	0,494 ^{ns}
Resíduo total	48	0,571	3,843	0,857	0,348	2,990	0,629

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 6A. Resumo da análise de variância para os teores foliar de potássio (K), boro (B) e prolina nas folhas em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		2014			2015		
		K	B	Prolina	K	B	Prolina
Blocos	3	0,204 ^{ns}	185,9 ^{ns}	0,001 [*]	1,051 ^{ns}	173,99 ^{ns}	0,001 ^{**}
Tratamentos	16	2,273 ^{ns}	1469,4 ^{**}	0,033 ^{**}	3,357 ^{**}	1590,8 ^{**}	0,015 ^{**}
Dose K	3	0,395 ^{ns}	3387,9 ^{**}	0,031 ^{**}	3,065 ^{**}	3567,4 ^{**}	0,060 ^{**}
Dose B	3	10,011 ^{**}	1325,7 ^{**}	0,002 ^{**}	6,481 ^{**}	1391,3 ^{**}	0,008 ^{**}
Int. B*K	9	0,457 [*]	438,5 ^{**}	0,001 ^{**}	1,729 ^{**}	480,9 ^{**}	0,001 ^{**}
Testemunha	1	1,033 ^{ns}	5425,2 ^{**}	0,071 ^{**}	9,510 ^{**}	6249 ^{**}	0,009 ^{**}
Resíduo total	48	1,761	109,8	0,001	0,580	108,3	0,001

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 7A. Resumo da análise de variância para: Número de frutos (NF); pH e Espessura da casca (EC) em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		2014			2015		
		NF	pH	EC	NF	pH	EC
Blocos	3	81,54 ^{ns}	0,131 ^{**}	0,139 ^{ns}	110,6 ^{ns}	0,002 [*]	0,029 ^{**}
Tratamentos	16	10772,7 ^{**}	0,208 ^{**}	0,271 ^{**}	21325,9 ^{**}	0,054 ^{**}	0,627 ^{**}
Dose K	3	39627,9 ^{**}	0,476 ^{**}	0,642 ^{**}	80758,3 ^{**}	0,210 ^{**}	2,322 ^{**}
Dose B	3	6592,3 ^{**}	0,204 ^{**}	0,012 ^{ns}	8294,5 ^{**}	0,023 ^{**}	0,301 ^{**}
Int. B*K	9	3260,2 ^{**}	0,072 ^{**}	0,227 [*]	477,4 ^{**}	0,010 ^{**}	0,108 ^{**}
Testemunha	1	4360,0 ^{**}	0,639 ^{**}	0,009 ^{ns}	69760,0 ^{**}	0,065 ^{**}	1,193 ^{**}
Resíduo total	48	66,09	0,022	0,089	88,97	0,001	0,050

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 8A. Resumo da análise de variância para: Volume do suco (VS); rendimento do suco (RS) e sólidos solúveis totais (°Brix) em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		2014			2015		
		VS	RS	SST (°Brix)	VS	RS	SST (°Brix)
Blocos	3	0,055 ^{**}	92,28 ^{**}	0,017 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,347 ^{ns}	0,121 [*]
Tratamentos	16	0,081 ^{**}	83,44 ^{**}	1,691 ^{**}	0,042 ^{**}	10,65 ^{**}	9,890 ^{**}
Dose K	3	0,148 ^{**}	110,5 ^{**}	5,269 ^{**}	0,106 ^{**}	23,19 ^{**}	36,66 ^{**}
Dose B	3	0,044 [*]	9,477 ^{ns}	1,826 ^{**}	0,021 ^{**}	1,242 ^{ns}	3,233 ^{**}
Int. B*K	9	0,061 ^{**}	98,35 ^{**}	0,485 ^{**}	0,010 ^{**}	7,482 ^{**}	0,703 ^{**}
Testemunha	1	0,146 ^{**}	91,35 [*]	1,398 ^{**}	0,197 ^{**}	29,93 ^{**}	32,24 ^{**}
Resíduo total	48	0,012	13,33	0,037	0,001	1,080	0,031

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 9A. Resumo da análise de variância para as características dos frutos: Acidez titulável (AT) e ratio em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio			
		2014		2015	
		ATT	Ratio	ATT	Ratio
Blocos	3	0,000 ^{ns}	0,253 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,156 ^{ns}
Tratamentos	16	0,058 ^{**}	8,858 ^{**}	0,104 ^{**}	14,62 ^{**}
Dose K	3	0,242 ^{**}	21,31 ^{**}	0,383 ^{**}	49,01 ^{**}
Dose B	3	0,018 ^{**}	11,83 ^{**}	0,040 ^{**}	4,491 ^{**}
Int. B*K	9	0,001 [*]	3,208 ^{**}	0,016 ^{**}	1,621 ^{**}
Testemunha	1	0,145 ^{**}	13,43 ^{**}	0,242 ^{**}	58,88 ^{**}
Resíduo total	48	0,000	0,220	0,001	0,087

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.

Tabela 10A. Resumo da análise de variância para: Produtividade e índice tecnológico (IT) em função das doses de K₂O e B aplicados no solo num pomar de laranja ‘Pêra’ no Município de Rio Preto da Eva – AM, nos anos de 2014 e 2015.

FV	GL	Quadrado Médio			
		2014		2015	
		Produtividade	IT	Produtividade	IT
Blocos	3	1,197 ^{ns}	0,103 ^{**}	2,477 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Tratamentos	16	90,16 ^{**}	0,266 ^{**}	317,4 ^{**}	0,450 ^{**}
Dose K	3	346,1 ^{**}	0,612 ^{**}	1283,5 ^{**}	1,666 ^{**}
Dose B	3	56,84 ^{**}	0,139 ^{**}	144,1 ^{**}	0,190 ^{**}
Int. B*K	9	17,98 ^{**}	0,183 ^{**}	6,365 ^{**}	0,072 ^{**}
Testemunha	1	72,04 ^{**}	0,352 ^{**}	738,5 ^{**}	0,989 ^{**}
Resíduo total	48	0,916	0,017	1,464	0,003

*, ** e ns = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste de F.