

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA TROPICAL

CALAGEM E ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO, BORO E COBRE EM
LARANJEIRA ‘PÊRA’ EM MANAUS - AM

SÍLVIO VIEIRA DA SILVA

MANAUS
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA TROPICAL

SÍLVIO VIEIRA DA SILVA

CALAGEM E ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO, BORO E COBRE EM
LARANJEIRA ‘PÊRA’ EM MANAUS - AM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci

Coorientador: Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos

MANAUS
2015

Ficha Catalográfica

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

S586c Silva, Sílvia Vieira da
Calagem e adubação com potássio, boro e cobre em laranja
'Pêra' em Manaus – AM / Sílvia Vieira da Silva. 2015
84 f.: il.; 31 cm.

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

1. Citrus sinensis (L.) Osbeck. 2. correção do solo. 3. adubação
potássica. 4. micronutrientes. 5. nutrição mineral. I. Tucci, Carlos
Alberto Franco II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

SÍLVIO VIEIRA DA SILVA

**CALAGEM E ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO, BORO E COBRE EM
LARANJEIRA 'PÊRA' EM MANAUS - AM**

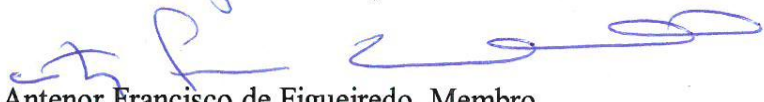
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Agronomia Tropical da Universidade Federal
do Amazonas, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor em Agronomia
Tropical, área de concentração em Produção
Vegetal.

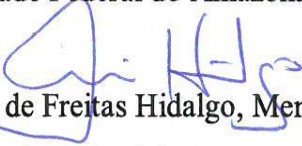
Aprovado em: 27/08/2015

BANCA EXAMINADORA


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


Prof. Dr. Afrânio Ferreira Neves Júnior
Universidade Federal do Amazonas, Membro


Prof. Dr. Antenor Francisco de Figueiredo, Membro
Universidade Federal do Amazonas


Prof. Dr. Ari de Freitas Hidalgo, Membro
Universidade Federal do Amazonas


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

OFEREÇO

A Deus, por sempre estar ao meu lado durante toda a minha caminhada.

Ao meu pai, Cláudio e minha mãe, Maria, pelos esforços e dedicação para que seus filhos estudassem.

Aos meus irmãos Marcos, Nelma, Raimundo, Heliana, Maria, João e José, pelo incentivo e apoio.

Aos meus irmãos, Genival e Josué (*in memorian*), de quem tenho boas lembranças, mas que infelizmente nos deixou muito cedo.

À minha esposa, Rosângela, pelo incentivo e auxílio na caminhada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade e apoio concedidos para a realização da graduação, mestrado e doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo recurso financeiro para a pesquisa.

Aos professores Dr. Carlos Alberto Franco Tucci (Orientador) e ao Dr. José Zilton Lopes Santos (Coorientador), pela amizade, orientação, companheirismo e, acima de tudo, pelos ensinamentos para o progresso, tanto na vida profissional quanto social.

Aos demais professores, que acreditaram e dedicaram o seu tempo, contribuindo para a minha formação.

Aos membros da banca, pela participação, críticas e sugestões para a melhoria deste trabalho.

À Escola Agrícola Rainha dos Apóstolos (EARA), pela disposição da área e pelo auxílio dos alunos durante a implantação e condução dos experimentos.

Aos colegas de graduação e pós-graduação, pelo convívio, compreensão, alegrias nos bons momentos e força nos momentos difíceis.

RESUMO

Silva, Sílvio Vieira da. **Calagem e adubação com potássio, boro e cobre em laranjeira ‘Pêra’ em Manaus – AM**. 2015. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja e maior exportador de suco de laranja, contribuindo com a economia e geração de emprego no país. Em relação ao estado do Amazonas, o uso tecnológico inadequado, como calagem e adubação do solo, pode limitar o real potencial da cultura, além de diminuir o retorno econômico para o produtor. Dessa forma, é necessária a realização de pesquisas que visem otimizar tais práticas na citricultura local. Diante disso, objetivou-se estimar dose de corretivo, K, B e Cu para a fase de implantação e formação de pomar de laranja na região de Manaus, Amazonas. Foram implantados quatro experimentos, em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco doses de corretivo (0,0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 t ha⁻¹), cinco doses de K₂O (0,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 60,0g planta⁻¹), cinco doses de B (0,0; 4,4; 8,8; 13,2 e 17,6g planta⁻¹) e cinco doses de Cu (0,0; 0,325; 0,65; 0,975 e 1,3g planta⁻¹), conduzidos por três anos consecutivos, abrangendo as fases de implantação e formação do pomar. No 2º e 3º anos experimentais, utilizou-se o dobro e o triplo das doses de K aplicado do 1º ano. Em relação ao B e ao Cu foram utilizados 20 e 50% a mais das doses iniciais. Utilizou-se para o plantio mudas de laranjeira ‘Pêra’ enxertada sobre o limoeiro ‘Cravo’ [*C. limonia* (L.) Osbeck]. Foram avaliados os teores de nutrientes foliares, altura da planta, diâmetro do porta-enxerto e enxerto, diâmetro e volume da copa. Verificou-se que as doses de corretivo não afetaram o crescimento biométrico da laranjeira. Em relação ao K, houve efeito significativo sobre os parâmetros biométricos, teor de K na folha e no solo. Por outro lado, as doses de B afetaram a

altura da planta e os teores de B na folha. Entretanto para as doses de Cu foi observado o efeito significativo sobre altura da planta e volume da copa no terceiro ano de avaliação.

Palavras chave: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck; correção do solo; adubação potássica; micronutrientes; nutrição mineral.

ABSTRACT

Silva, Sílvia Vieira da. **Liming and fertilization with potassium, boron and copper orange trees in Manaus – AM.** 2015. 84p. Thesis (Doctorate in Tropical Agronomy) – Federal University of Amazonas, Manaus, AM.

Brazil is the world's largest producer of orange and juice of orange, contributing to the economy and employment generation in the country. Regarding the state of Amazonas, inadequate technological use, such as liming and fertilizing the soil can limit the actual potential of the culture in the state, in addition to reducing the economic return to the producer. Thus, conducting research is needed that aims to optimize the use of liming and fertilization on citrus in the Amazon. The research objective was to estimate level correction, K, B and Cu for the deployment phase and the formation of orange trees [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] in the region of Manaus, Amazonas. Four experiments were implanted in design under the field conditions in a randomized block design with four replications. The treatments consisted of five levels liming (0.0, 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0 t ha⁻¹), five levels of K₂O (0.0, 10.0, 20, 0, 40.0 and 60,0g plant⁻¹), five levels (0.0; 4.4; 8.8; 13.2 and 17.6 g plant⁻¹) and five levels of Cu (0, 0, 0.325, 0.65, 0.975 and 1.3 g plant⁻¹), led by three consecutive years of implementation and formation of the orchard. On the 2nd and 3rd experimental years, we used double and triple the K levels in the 1st year. In relation to B and Cu were utilized 20 and 50% more from the initial level. It was used for planting seedlings of orange trees grafted on lemon rootstock Rangpur [*C. limonia* (L.) Osbeck]. We evaluated the foliar nutrient concentration and plant height, diameter of the rootstock and graft diameter and canopy volume. It has been found that the correction level did not affect growth of the biometric orange. Regarding the K, was no effect on the biometric parameters, K concentration in the leaf and soil. Furthermore,

the levels of B affected plant height and B leaf concentrations. However for Cu levels was observed the effect on plant height and canopy volume, only the third year of assessment.

Keywords: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck; limig; potassium fertilization; micronutrients; mineral nutrition.

LISTAS DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Teor de Mg em folhas de laranjeiras, em função da dose de corretivo.....	37
Figura 2. Teor de K na folha em função das doses de K ₂ O aplicada ao solo.....	43
Figura 3. Altura da planta (a), diâmetro do porta-enxerto (b) e do enxerto (c), diâmetro (d) e volume da copa (e), em função das doses de K ₂ O aplicado ao solo.....	45
Figura 4. Teor de B na folha em função de doses de B aplicadas ao solo.	49
Figura 5. Altura da planta em função das doses de B aplicado ao solo.....	51
Figura 6. Teor de S na folha em função de doses de Cu aplicadas ao solo.....	56

LISTAS DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos dos Latossolos Amarelo distrófico (LAd) e eutrófico (LAe) na profundidade do solo de 0-20 cm, antes da instalação dos experimentos, em Manaus, 2011.	29
Tabela 2. Quantidade de nutrientes aplicados nas adubações de implantação e de formação do pomar de laranjeiras nos experimentos, em Manaus, 2011 a 2013.	31
Tabela 3. Atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm, em função das doses de corretivo, antes do plantio das mudas de laranjeira ‘Pêra’, em Manaus, 2011	34
Tabela 4. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira ‘Pêra’ em função das doses de corretivo (DC), aos 12, 24 e 36 meses após o transplântio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	36
Tabela 5. Altura da planta (AP), diâmetro do porta-enxerto (DP) e enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC) em função das doses de corretivo, aos 12, 24 e 36 meses após o transplântio, em Manaus, no período de 2012 a 2014..	39
Tabela 6. Equações de regressão linear e valores de F relativos aos efeitos lineares, para o teor de K no solo, em função da aplicação do potássio nos três anos de avaliação... ..	41
Tabela 7. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira ‘Pêra’ em função das doses de K, aos 12, 24 e 36 meses após o transplântio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.....	42
Tabela 8. Equação de regressão linear e valor de F relativo ao efeito linear, para o teor de B no solo, em função das doses de B no primeiro ano de avaliação.....	47
Tabela 9. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira ‘Pêra’ em função das doses de B, aos 12, 24 e 36 meses após o plantio, em Manaus, no período de 2012 a 2014... ..	48
Tabela 10. Diâmetro do porta-enxerto (DPE) e enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC) em função das doses de boro na fase de plantio em Manaus, no período de 2012 a 2014.....	52
Tabela 11. Equação de regressão linear e valor de F relativo ao efeito linear, para o teor de Cu no solo, em função das doses Cu, no primeiro ano de avaliação.....	53
Tabela 12. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira ‘Pêra’ em função das doses de Cu, aos 12, 24 e 36 meses após o plantio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	54
Tabela 13. Altura, diâmetro do porta-enxerto (DPE) e enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC) em função das doses de cobre (Cu), em Manaus, no período de 2012 a 2014... ..	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA... ..	16
2.1 A cultura da laranjeira	16
2.2 Exigências edafoclimáticas da laranjeira cultura da laranjeira	16
2.3 Caracterização dos solos tropicais	18
2.4 Importância da correção do solo	19
2.5 Cálcio, magnésio, potássio, boro e cobre em citros	21
3. OBJETIVOS.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1 Experimento com dose de corretivo	34
5.2 Experimento com dose de potássio	41
5.3 Experimento com dose de boro	47
5.4 Experimento com dose de cobre	53
6. CONCLUSÕES... ..	58
7. REFERÊNCIAS... ..	59
ANEXOS... ..	72

1. INTRODUÇÃO

A cultura da laranjeira apresenta grande importância econômica e social para o Brasil. O país ocupa primeiro lugar na produção mundial de laranja, onde mais de 68% se concentra no estado de São Paulo. Além disso, a citricultura nacional é responsável por 60% da produção mundial de suco de laranja com 2,1 milhões de toneladas (MAPA, 2015).

O estado do Amazonas apresentou em 2014 uma produção de 42.709 toneladas de frutos de laranja, contribuindo com aproximadamente 0,29% da produção nacional. Além disso, apresenta uma produtividade de $18,213 \text{ t ha}^{-1}$, abaixo da média nacional ($22,862 \text{ t ha}^{-1}$), sendo que o estado do Paraná apresenta melhor rendimento com $34,00 \text{ t ha}^{-1}$ (IBGE, 2015).

A menor produtividade da laranjeira observada no estado do Amazonas em relação à média nacional pode ser o resultado de vários fatores, como controle insatisfatório de pragas e doenças, e o inadequado uso da calagem e da adubação. Estes fatores podem ser otimizados para aumentar o rendimento, como por exemplo, o uso racional de corretivos e fertilizantes, pois as recomendações são baseadas em outros estados, não levando em consideração as características edafoclimáticas da região (FERNANDES et al., 2010).

A acidez do solo é um dos principais fatores limitantes ao estabelecimento e desenvolvimento dos sistemas de produção de grande parte das culturas em solos tropicais (SOUSA et al., 2007). Em relação ao estado do Amazonas, os tipos de solos de terra firme predominantes são os Argissolos e Latossolos (MAIA; MARMOS, 2010), que caracterizam-se por apresentar elevada acidez e baixa fertilidade natural (MALAVOLTA, 1987; MOLINE; COUTINHO, 2015), o que faz com que a calagem e a adubação sejam práticas imprescindíveis para aumentar a produtividade nesses solos.

A calagem é uma prática agrícola, que quando bem feita neutraliza o alumínio (Al), fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg), corrige o pH do solo e aumenta a disponibilidade da maioria dos nutrientes para as plantas (SOUSA et al., 2007), principalmente o fósforo (P) que

que em condições ácidas é fortemente adsorvido nos óxidos de ferro (Fe) e Al (MOREIRA et al., 2006; CAMARGO et al., 2010), ou precipitado com íons livres de Fe e Al na solução do solo, que são processos muito comuns em solos predominantes na região Amazônica (FALCÃO; SILVA, 2004; CORRÊA et al., 2011). Além disso, a calagem melhora a atividade microbológica (SOUTO et al., 2008) e física do solo (PRADO, 2003). Em relação ao cultivo da laranjeira, alguns trabalhos mostram a dinâmica desta prática no desenvolvimento e na produção da cultura (PAVAN; JACOMINO, 1998; SILVA et al., 2007; AULER, et al., 2011).

Os nutrientes, estes estão entre os fatores ambientais que mais influenciam no desenvolvimento das plantas, de maneira especial naquelas de interesse agrícola (FLOSS, 2008), de modo que quando a adubação é equilibrada, a planta responde mais ao seu desenvolvimento, fica menos sensível ao ataque de pragas e doenças, além de aumentar seu rendimento (YAMADA, 2004). Por outro lado, o uso inadequado de fertilizantes, como baixas ou altas doses, diminui a disponibilidade dos nutrientes e prejudica a sua absorção pela planta, devido ao sinergismo e antagonismo existente entre os mesmos (MALAVOLTA, 2006).

A deficiência de potássio (K) reduz o crescimento das plantas, retarda a frutificação e o tamanho dos frutos (ERNANI et al., 2007). Este nutriente apresenta baixa concentração nos solos da região Amazônica (MALAVOLTA, 1987), sendo o que mais influencia no tamanho e na qualidade da laranja e no volume do suco (MATTOS JUNIOR et al., 2004). Trabalhos tanto em fase de mudas (VALE et al., 2008) quanto em produção de frutos (MATTOS JUNIOR et al., 2004), mostram a importância do K para as espécies cítricas.

As respostas dos citros à adubação potássica foram observadas por Vale et al. (2008), que testando doses de NPK em condições de vasos, observaram a dose de K de 790 mg dm^{-3} promoveu o melhor estado nutricional no porta-enxerto de limoeiro ‘Cravo’. Já Prado et al. (2008) trabalhando com mudas de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre citrumeleiro

‘Swingle’, verificaram que a dosagem de 876 mg dm^{-3} de K proporcionou melhor crescimento da parte aérea das mudas. Em condição de campo, Mattos Junior et al. (2004) e Quaggio et al. (2011) analisando doses de K_2O em Tangor Murcott e laranjeira ‘Pêra’, observaram que houve redução na produção de frutos com as maiores doses aplicadas, 270 e 300 kg ha^{-1} , respectivamente.

Em relação aos micronutrientes, e dentre estes o boro (B) e o cobre (Cu), a falta de estudos em citros é de carência nacional e não só especificamente do estado do Amazonas. Quaggio e Piza Junior (2001) afirmam que em solos tropicais, a deficiência de B é mais frequente, sendo considerado um dos micronutrientes mais importantes por desempenhar várias funções. Entre estas funções, merece destacar o papel na lignificação e estrutura da parede celular (HANSCH; MENDEL, 2009), no crescimento radicular e o consequente aumento no volume de solo explorado pelas raízes, o que favorece a maximização no aproveitamento de água e fertilizantes, e especial da adubação boratada em citros (BOLOGNA; VITTI, 2006; MATTOS JUNIOR et al., 2008).

Por outro lado, o cobre atua como ativador enzimático, e entre outros processos fisiológicos, na fotossíntese e respiração das plantas (FLOSS, 2008). Mattos Junior et al. (2008; 2010) trabalhando com B e Cu, respectivamente, na produção de mudas de citros, observaram a dinâmica desses dois nutrientes afetando o seu desenvolvimento.

Em relação à pesquisa sobre citros no estado do Amazonas, Silva (2011) analisando o diagnóstico nutricional de laranjeira na região de Manaus, observou que 97% dos pomares em produção apresentaram baixos teores de K no solo, enquanto que 80% apresentaram baixos teores foliares de B e que as doses de calcário utilizadas estavam acima da recomendável, mostrando a necessidade de pesquisas sobre nutrição da cultura no estado. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi determinar doses adequadas de corretivo, K, B e Cu para a implantação e formação de pomares de laranjeira ‘Pêra’ em Manaus, Amazonas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – A cultura da laranjeira

As laranjeiras são plantas pertencentes à divisão das Espermatófitas, subdivisão Angiospermas, classe Dicotiledônea, ordem Geraniales, família Rutaceae e gênero *Citrus*, com duas espécies: laranjeira doce [*Citrus sinensis* (L) Osbeck] e laranjeira azeda [*C. aurantium* (L)], sendo que dentre as laranjeiras doces se destacam a laranjeira ‘Pêra’ (KOLLER, 2006).

Em relação ao seu cultivo no cenário brasileiro, o país é o maior produtor mundial de laranja (IBGE, 2015), contribuindo com a economia local e com a geração de emprego, pois em geral, dependendo da forma de manejo e do grau de mecanização dos pomares, pode-se considerar que é necessária uma pessoa para cultivar três hectares (KOLLER, 2006). Por outro lado, seu cultivo auxilia de forma indireta, tanto no transporte e comercialização de frutas, indústrias de sucos e óleos essenciais, bem como na produção e comercialização de máquinas, equipamentos, ferramentas, embalagens, fertilizantes e diversos outros insumos.

Apesar da expansão da cultura cítrica no estado do Amazonas, a produção de laranjas em 2014 foi de aproximadamente 42.709 toneladas (IBGE, 2015), com uma produtividade 22% menor da média nacional e quase 48% menor do que aquela observada no estado do Paraná. No entanto, a produtividade da laranjeira alcançada no estado do Amazonas pode ser melhorada, desde que se minimize os principais fatores que mais interferem na resposta nutricional da espécie, como acidez e fertilidade dos solos, gerando para o produtor um retorno mais lucrativo e ao mesmo otimizando sua área de produção.

2.2 – Exigências edafoclimáticas da cultura da laranjeira

O solo e o clima são os dois componentes de fundamental importância para qualquer cultura, pois eles abrangem os principais fatores do meio ambiente. Estes fatores permitem

verificar se uma determinada região é ou não propícia para o cultivo comercial das culturas, afetando diretamente a sanidade, o crescimento, o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade dos frutos (EMBRAPA, 2006; KOLLER, 2006).

Em relação aos aspectos edáficos, em todas as regiões produtoras de citros, o pressuposto básico para exploração competitiva dessa cultura é a presença de solos profundos, sem impedimento físico, com boa drenagem e preferencialmente ricos em nutrientes (MATTOS JUNIOR et al., 2009). Solos rasos e áreas susceptíveis ao encharcamento não são indicados para a exploração de citros. Além disso, para que sejam facilitadas as operações mecanizadas e reduzidos os riscos de erosão, o relevo deve ser, preferencialmente, plano a suavemente ondulado. Segundo EMBRAPA (2006) as plantas cítricas adaptam-se a diversos tipos de solos, podendo ser cultivadas tanto naqueles arenosos quanto em argiloso e em diversas categorias intermediárias (EMBRAPA, 2013).

Para o bom crescimento e absorção de água e nutrientes, as raízes das plantas cítricas necessitam de solos bem arejados. Do ponto de vista químico, o pH mais favorável ao cultivo de citros, situa-se entre 6,0 e 7,0 (KOLLER, 2006), sendo que em pH inferior a 4,5, o crescimento radicular dos citros paralisa, e inferior a 3,5, manifestam-se intoxicações. No Amazonas, os tipos de solos explorados pela citricultura são os de terra firme com destaque para os Argilosos e Latossolos (EMBRAPA, 2006), caracterizados por apresentar elevada acidez, porém com boas características físicas (EMBRAPA, 2013).

Do ponto de vista climático, a temperatura pode ser considerada preponderante, entre os demais fatores, por limitar o cultivo comercial das laranjeiras, pois estas não brotam ou crescem quando a temperatura permanece vários dias abaixo de 12 °C ou acima de 38 °C, pois isto diminuiria muito a taxa fotossintética (KOLLER, 2006).

O clima do estado do Amazonas caracteriza-se por temperaturas elevadas, com média anual variando de 23 a 31 °C, luminosidade alta e precipitação superior a 2000 mm

anuais (ALVARES et al., 2013). O clima, como condicionante do cultivo de citros, influencia todas as etapas da cultura, como na adaptação das variedades, no comportamento fenológico (abertura floral, curva de maturação, taxa de crescimento), nas características físicas e químicas do fruto e no potencial de produção (EMBRAPA, 2006).

2.3 – Caracterização dos solos tropicais

Os solos tropicais são normalmente ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes, seja pela ocorrência de precipitação suficientemente alta para lixiviar quantidades apreciáveis de bases trocáveis do solo, seja pela ausência de minerais primários e secundários responsáveis pela reposição dessas bases (QUAGGIO, 2000; MEURER, 2007; ERNANI, 2008). No entanto, mesmo solos oriundos de materiais de origem ricos em minerais que tenham na sua composição grande quantidade de elementos de caráter básicos, mas que tenham sofrido intenso processo de pedogênese pode ser desprovido de elementos essenciais às plantas (CAMARGOS, 2005).

Outro fator que contribui para maior acidez dos solos tropicais, especialmente aqueles amazônicos, é a decomposição rápida e contínua da matéria orgânica, como consequência das altas temperaturas e umidade (MALAVOLTA, 1987). Em relação aos solos da região Amazônica, e especificamente no estado do Amazonas e, em áreas de terra firme, predominam os Argissolos Vermelhos-Amarelos, e também os Latossolos Amarelos e Vermelhos-Amarelos (LEPSCH, 2002; EMBRAPA, 2013). Esses solos apresentam uma baixa fertilidade natural, além de apresentar uma alta presença de Al ativo (LUDWIG et al., 2001).

Os Latossolos Amarelos são descritos por Vieira (1975), como bastante intemperizados, com elevada acidez, altos teores de óxidos de Fe e Al, argila do tipo 1:1, baixos valores de saturação por bases (V) e da capacidade de troca de cátions (CTC),

características estas que os classificam como solos com baixa disponibilidade de nutrientes, sendo uma condição adversa para a estabilidade de plantas, tanto originada de sementes ou recém-transplantadas para o campo. Neste caso, será necessário fornecimento tanto de corretivo, quanto de fertilizantes para que os mesmos possam melhorar o processo produtivo. Nestas condições o solo é, portanto, um fator limitante para a produtividade e sustentabilidade de sistemas de produção agrícola (CUNHA et al., 2007). Por outro lado, os Argissolos são solos medianamente profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural, com baixos teores de matéria orgânica, além disso, apresentam argila de atividade baixa. São solos de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, com textura variando de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B (EMBRAPA, 2013).

2.4 – Importância da correção do solo

O crescimento da maioria das plantas é drasticamente reduzido, tanto sob acidez quanto sob alcalinidade excessiva. Em qualquer uma das condições, normalmente, são várias as causas da baixa produção vegetal. Ademais, é preciso considerar que as causas variam com o próprio pH do solo, com a textura e mineralogia do solo, com o teor e tipo de matéria orgânica e com a espécie ou, até mesmo com o genótipo dentro de uma mesma espécie (CAMARGOS, 2005).

A acidez do solo, do ponto de vista direto, está relacionada ao efeito dos íons de hidrogênio (H^+) sobre a permeabilidade e o funcionamento da membrana plasmática, que resulta na diminuição da absorção de nutrientes e aumento da absorção de elementos em níveis tóxicos, principalmente o Al e Mn (MIGUEL et al., 2010; RENDAL et al., 2011). Em relação ao efeito indireto, através da mudança do pH, este afeta as atividades de micro-organismos benéficos e a disponibilidade dos nutrientes no solo (FAGERIA; BALIGAR,

2008; SOUTO et al., 2008; GOMES et al., 2011), principalmente o P, pois em condições ácidas há uma maior fixação do P, que reage com íons livres de Fe e Al, precipitando (CORRÊA et al., 2011), ficando indisponível para as plantas, sendo um processo bastante comum em solos predominantes na região Amazônica (FALCÃO; SILVA, 2004).

Em relação às condições da acidez trocável do solo, a toxicidade do Al pode ser um problema para a maioria dos seres vivos - plantas, animais, e mesmo microrganismos - pela interferência na duplicação do DNA, divisão de células, respiração da raiz e o ciclo dos nutrientes. No entanto, o aumento do pH do solo próximo a uma reação de neutralidade pode ser altamente rentável, apesar do custo necessário, por diminuir a concentração de Al no solo (EMBRAPA, 1997).

A redução da acidez ativa (H^+) do solo promove a insolubilização de Al e de manganês (Mn), aumenta a disponibilidade de fósforo (P) e molibdênio (Mo), diminui a disponibilidade de micronutrientes, como zinco (Zn), Mn, Cu e Fe. A intensidade dessas mudanças na disponibilidade/absorção de elementos químicos do solo pode ser sentida de forma diferenciada entre espécies, cultivares ou variedade de plantas (SOUSA et al., 2007).

Considerando que o cultivo da maioria das culturas no estado do Amazonas ocorre principalmente em solos de terra firme, que apresenta uma elevada acidez, nessas condições a correção da acidez é uma prática de grande importância para o pleno desenvolvimento das plantas.

A prática da calagem consiste em adicionar corretivos ao solo, que através da hidrólise libera uma base capaz de neutralizar a atividade dos íons acidificantes. De acordo com a natureza química dos seus constituintes, os corretivos são classificados em carbonatos, hidróxidos ou silicatos de Ca e Mg (SOUSA et al., 2007), sendo que o calcário é o corretivo mais utilizado para esta finalidade.

A calagem fornece Ca e Mg como nutrientes, eleva o pH do solo, promove também o aumento da CTC efetiva, reduzindo a lixiviação de bases, aumentando a disponibilidade dos nutrientes e reduzindo atividade de Al e Mn tóxicos no solo, que são fatores que proporcionam condições favoráveis ao crescimento radicular das plantas (CAIRES et al., 2006). Além disso, melhora a estrutura do solo (PRADO, 2003), auxiliando na atividade microbiana (SOUTO et al., 2008) e na capacidade do solo em adsorver alguns nutrientes, reduzindo assim suas perdas por lixiviação. Isto facilita a absorção e a utilização dos nutrientes e da água, possibilitando maior crescimento do sistema radicular das plantas (SOUSA et al., 2007).

Trabalhos com calagem em culturas perenes no estado do Amazonas ainda são escassos. Em relação à laranjeira, estudos mostram a dinâmica e a importância desta prática no cultivo da cultura. Silva et al. (2007) trabalhando com calagem em aplicação superficial em pomar de laranjeira ‘Pêra’, observaram a alteração das bases das camadas de 0-10; 10-20 e 20-40 cm, no período entre 12 e 18 meses e o estado nutricional das plantas e a produção foram alterados significativamente. Auler et al. (2011) verificaram que pode haver tolerância do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ a acidez ativa do solo. Por outro lado, Santos et al. (1999), descrevem que porta-enxerto cítrico não são tolerante a altas concentrações de Al trocável, que é um dos grandes problemas dos solos da região Amazônica.

2.5 – Cálcio, magnésio, potássio, boro e cobre em citros

A planta cítrica pode ter seu processo de absorção influenciado por fatores do solo, da própria planta e da forma de atuação dos nutrientes no solo e na planta, resultando em deficiência. Esta deficiência poderá ser efetiva, quando o nutriente não está presente no solo e indireta ou fisiológica, decorrente do antagonismo entre os elementos e da reação da acidez do solo (MALAVOLTA, 2006).

A adubação adequada, para obter grandes produções, com frutos de qualidade, depende das análises foliar e do solo. A interação entre os macros e micronutrientes na planta é essencial, sendo que níveis baixos, porém balanceados, prejudicam menos que níveis altos de nutrientes em desequilíbrio (RAIJ, 2011). O balanço nutricional adequado proporciona melhores condições para a planta suportar as intempéries, a competição com outras plantas e o ataque de pragas e doenças (EMBRAPA, 2004).

O Ca influi, indiretamente, no rendimento das culturas, ao melhorar as condições de crescimento das raízes, bem como por estimular a atividade microbiana, auxiliar na disponibilidade do molibdênio e na absorção de outros nutrientes, além de ajudar a reduzir o NO_3^- na planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). O Mg tem papel estrutural como componente da molécula de clorofila, influencia o movimento de carboidratos das folhas para outras partes da planta e estimula a captação e transporte do P na planta.

O Ca e o Mg são absorvidos em quantidades variadas pelas diferentes culturas. Para o suprimento de Ca são necessárias doses de 10 a 200 kg ha^{-1} , e entre 10 a 40 kg ha^{-1} para o Mg, valores que atendem às necessidades da maioria das culturas (SOUSA et al., 2007). Os teores desses nutrientes na folha das culturas variam de 4 a 40 g kg^{-1} , para o Ca, e de 2 a 4 g kg^{-1} , para o Mg. Em relação à disponibilidade no solo, os teores de 1,20 e 0,45 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ de Ca e Mg, respectivamente, são considerados baixos para a maioria das culturas (RIBEIRO et al., 1999).

O K é um dos macronutrientes mais exigidos pelas culturas, apesar de não ser conhecida nenhuma substância orgânica vegetal que contenha esse metal como constituinte (MEURER, 2006). Suas funções fisiológicas na planta estão relacionadas com a atividade enzimática. Acredita-se que este nutriente atue juntamente com 120 enzimas que catalisam as mais diferentes reações bioquímicas (FLOSS, 2008).

Os teores de K nas plantas variam entre 6 a 50 g kg⁻¹ de matéria seca, considerando valores entre 10 a 30 g kg⁻¹ como adequados para um crescimento normal das plantas. Plantas deficientes apresentam teores foliares menores do que 8 g kg⁻¹, enquanto, acima de 50 g kg⁻¹ podem ser observados sintomas de toxidez (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

A deficiência de K normalmente reduz o tamanho dos internódios, a dominância apical e o crescimento das culturas, retarda a frutificação e origina frutos de menor tamanho e com menor intensidade de cor (ERNANI et al., 2007), sendo que os teores de K no solo abaixo de 40 mg dm⁻³ são considerados de baixa disponibilidade para a maioria das culturas (RIBEIRO et al., 1999).

Avaliando doses de NPK, Vale et al. (2008) observaram que a dose de 790 mg dm⁻³ de K promoveu melhor estado nutricional no porta-enxerto de limoeiro ‘Cravo’ com interação com N e P, em condições de viveiro. Rozane et al. (2007) encontraram resultado igual para produção de mudas do porta-enxerto de citrumeleiro ‘Swingle’ em tubete com a utilização de substrato de casca de *Pinus* e vermiculita em interação com N e P, em parcelamento e via fertirrigações semanais. Já Prado et al. (2008), trabalhando com mudas de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre citrumeleiro ‘Swingle’ com interação com N e P, verificaram que a dosagem de 876 mg dm⁻³ de K proporciona melhor crescimento da parte aérea das mudas.

Em condição de campo Mattos Junior et al. (2004), analisando doses de K, observaram a redução na produção de frutos, provavelmente associada a menores teores foliares de Ca e Mg. Contudo, verificaram ainda um aumento linear no peso de frutos até a dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo que com o aumento do tamanho do fruto, houve uma redução significativa no teor de sólidos solúveis totais e acidez do suco.

O B é provavelmente absorvido pela planta como ácido bórico (H₃BO₃) e, provavelmente, na forma de ânion borato [B(OH)₄]⁻, em valores de pH elevados, tanto via foliar, quanto via solo (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Ele é um elemento imóvel na

planta e, frequentemente, o teor de B aumenta das partes basais para o ápice das plantas (FLOSS, 2008).

O B está envolvido em numerosos processos importantes, incluindo a síntese de proteínas, o transporte de açúcares e a respiração. Além disso, as funções de B estão relacionadas com a lignificação e estrutura da parede celular (HANSCH; MENDEL, 2009). Suas concentrações nas plantas variam entre 12 a 50 mg kg⁻¹ de matéria seca do tecido, considerando-se os teores entre 30 a 50 mg kg⁻¹ como adequadas para um crescimento normal das plantas. Plantas deficientes em B apresentam concentrações foliares menores que 15 mg kg⁻¹. Entretanto, os sintomas de deficiência de B podem ser distintos, conforme a espécie vegetal (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

A disponibilidade de B no solo considerado bom para o cultivo de plantas, pode apresentar teores entre 0,61- 0,90 mg dm⁻³ (RIBEIRO et al., 1999). Porém a disponibilidade de B pode ser afetada tanto pela quantidade de matéria orgânica no solo, quanto da fonte utilizada. Está comprovado que as plantas em estado inicial de crescimento absorvem o B com maior intensidade do que as plantas adultas, sendo pequena a mobilidade de redistribuição dos tecidos velhos para os jovens (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Na cultura da laranjeira, o B pode ser considerado um dos micronutrientes de grande relevância, pois desempenha várias funções, destacando-se o papel no crescimento radicular e o consequente aumento no volume de solo explorado pelas raízes e maximização no aproveitamento de água e fertilizantes (BOLOGNA; VITTI, 2006).

Os efeitos das doses de B (0, 3, 6, e 12 g m⁻³) sobre o desenvolvimento de dois porta-enxertos cítricos: limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e citrumelo ‘Swingle’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.], em fase de sementeira, foram observados por Mattos Junior et al. (2008). Nas menores doses de B, as folhas dos porta-enxertos apresentaram aparência normal. Nas doses intermediárias observaram-se sintomas de clorose desenvolvida

da borda para o centro do limbo foliar. Na maior dose testada, observaram-se os sintomas característicos da toxidez de B em plantas cítricas, caracterizados por intensa clorose e necrose do tecido, nas margens das folhas, além do retardamento no desenvolvimento das mudas.

Quaggio et al. (2003), aplicando doses de B no solo para testar a eficiência complementar de B e Zn no solo, em comparação com a recomendação tradicional da aplicação via foliar e estabelecer curvas de calibração de análises de solo e de folhas com a produtividade da laranjeira 'Pêra', observaram acréscimo linear no teor de B na folha, além de afetar a concentração de K.

Já Bologna e Vitti (2006), comparando o efeito de cinco fontes de B (ulexita-pó, colemanita, ulexita-granulada, termofosfato magnésiano contendo boro e ácido bórico) aplicadas no solo em quatro doses (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 kg ha⁻¹) e avaliando a produtividade e a qualidade dos frutos da laranjeira 'Pêra', não observaram diferenças significativas quanto à fonte e dose de B utilizada para efeito de produtividade, um ano após a aplicação dos tratamentos. Contudo, a dose de B correspondente a 2 kg ha⁻¹ proporcionou, em média, maior produtividade em relação às demais doses, com cerca de 15% de incremento.

Em relação ao micronutriente Cu, a principal função é como ativador de enzimas que participam de reações de oxirredução, e essas enzimas participam de outros processos fisiológicos, entre eles a fotossíntese, respiração, translocação de açúcares, fixação biológica do nitrogênio (N), redução do nitrato, metabolismo de proteínas e o também atua na resistência de plantas às doenças (FLOSS, 2008).

O Cu é essencial para a fotossíntese e respiração mitocondrial, para o metabolismo do N e é necessário para a síntese de parede celular (HANSCH; MENDEL, 2009). Os teores de Cu na planta podem variar de 2 a 75 mg kg⁻¹ de matéria seca da planta, considerando-se teores entre 5 a 20 mg kg⁻¹ como adequados para o crescimento normal das plantas

(DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Plantas deficientes em Cu apresentam teores foliares menores do que 4 mg kg^{-1} , enquanto que acima de 20 mg kg^{-1} , podem-se observar sintomas de toxidez, quando usado em excesso (DUCIC; POLLE, 2005).

Em relação à disponibilidade de Cu no solo, pode ser considerada boa quando apresentar teores entre $1,3$ a $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$ (RIBEIRO et al., 1999), o que pode ser influenciado por fatores como alteração do pH e matéria orgânica no solo (NASCIMENTO et al., 2003). Entretanto, doses elevadas de Cu aplicadas ao solo, podem limitar a absorção de nutrientes como o Zn (MALAVOLTA, 2006).

Mattos Junior et al. (2010) avaliando doses de Cu (0 , 5 , 10 e 20 mg L^{-1}) em mudas de citros em viveiros, observaram a absorção excessiva desse nutriente nas maiores dosagens, associado à menor produção de massa seca das plantas. Foi verificado também que os valores médios nas folhas foi de 20 mg kg^{-1} nas mudas de laranjeira ‘Pêra’ sobre limoeiro ‘Cravo’ e de 17 mg kg^{-1} nas mudas de laranjeira ‘Pêra’ sobre tangerina ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]. Entretanto, os maiores teores de Cu nas mudas cítricas foram observados nas raízes das plantas, com baixo incremento linear na folha para o limoeiro ‘Cravo’.

3. OBJETIVOS

Objetivo geral

Determinar doses adequadas de calcário, potássio, boro e cobre para a implantação e formação de pomares de laranjeira ‘Pêra’ em Manaus-AM.

Objetivos específicos

Avaliar o efeito das doses de corretivo e fertilizantes no desenvolvimento da cultura;

Determinar as características químicas do solo relacionadas à acidez;

Estimar a necessidade de calcário para a cultura da laranjeira;

Determinar os teores de nutrientes no solo e nas plantas; e

Estimar o nível crítico de potássio, boro e cobre no solo e na planta.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 4 (quatro) experimentos no período de 2011 a 2014, em duas áreas situadas na Escola Agrícola Rainha dos Apóstolos (EARA), localizada no município de Manaus-AM, Km 23 da BR 174. De acordo com Köppen e Geiger (1928), o clima local é do tipo “Afi”, tropical chuvoso, com temperaturas variando entre 25 e 35°C e com precipitação pluvial média anual de 2000 mm.

Os quatros experimentos avaliados foram doses de corretivo, potássio, boro e cobre. O experimento com dose de corretivo foi conduzido em uma área que estava em fase de pousio há quatro anos, situada a 02°46'77'' de latitude sul e 60°02'22'' de longitude oeste, a uma altitude de 90 m. Nesta área predomina Latossolo Amarelo distrófico (LAd), com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2013). Por outro lado, os experimentos de doses de K, B e Cu foram conduzidos em uma área situada a 02°46'57'' de latitude sul e 60°02'06'' longitude oeste, a uma altitude de 92 m, que no ano anterior havia sido usada para o cultivo do capim-coloninho (*Panicum maximum*). O solo predominante nesta área é um Latossolo Amarelo eutrófico (LAe), com relevo plano (EMBRAPA, 2013).

Antes da implantação dos experimentos, as áreas foram demarcadas e coletadas 20 amostras de solo, aleatoriamente, na profundidade de 0-20 cm, para caracterização dos atributos químicos e granulométricos (Tabela 1) de acordo com Embrapa (2009).

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos dos Latossolos Amarelo distrófico (LAd) e eutrófico (LAe) na profundidade do solo de 0-20 cm, antes da instalação dos experimentos, em Manaus, 2011.

Solo	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T
	H ₂ O	--- mg dm ⁻³ ---		----- cmol _c dm ⁻³ -----						
LAd	4,7	30,8	22,0	1,5	0,3	0,6	5,6	1,9	2,5	7,5
LAe	5,3	29,9	39,0	3,7	1,3	0,2	4,5	5,1	5,3	9,6
Solo	V	m	M.O.	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	----- % -----		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	----- mg dm ⁻³ -----					
LAd	24,9	24,0	2,5	21,7	2,0	135,5	3,6	0,4	0,1	4,1
LAe	53,1	4,0	3,8	17,6	4,7	263,5	9,5	0,6	0,2	12,3
Solo	Areia		Silte		Argila		Classe textural			
	----- dag kg ⁻¹ -----									
LAd	13,0		14,0		73,0		Muito argilosa			
LAe	12,0		9,0		79,0		Muito argilosa			

O delineamento utilizado nos experimentos foi em blocos casualizados, com quatro repetições e três plantas por parcela. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de corretivo (0,0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 t ha⁻¹), cinco doses de K₂O (0,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 60,0g planta⁻¹), cinco doses de B (0,0; 4,4; 8,8; 13,2 e 17,6g planta⁻¹) e cinco doses de Cu (0,0; 0,325; 0,65; 0,975 e 1,3g planta⁻¹). Para o segundo e terceiro ano de avaliação do experimento de K foi utilizado o dobro e triplo da dose de K₂O do primeiro ano, enquanto que para os experimentos de B e Cu foi utilizado 20 e 50% a mais das doses utilizada no primeiro ano.

No experimento com doses de corretivo, a escolha foi feita com base em estudos feitos por Silva (2011) com curva de incubação em cinco solos da região metropolitana de Manaus, onde demonstrou que a necessidade de corretivo para atingir pH 6,0, adequado para citros (KOLLER, 2006), situou-se entre as doses de 2,00 e 3,00 t ha⁻¹. Nos demais experimentos, a calagem foi feita com base na análise de solo, utilizando a dose equivalente a

1,6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT de 90%), com objetivo de elevar a saturação por bases (V) a 70%, recomendável para os citros (RIBEIRO et al., 1999).

A calagem foi feita 60 dias antes do plantio, aplicando em covas com dimensões de 40 x 40 x 40 cm, utilizando como fonte o calcário dolomítico com as seguintes características físicas e químicas: 14,0; 32,0 e 90,0% de MgO; CaO e PRNT, respectivamente.

Para o plantio utilizou-se as mudas de laranjeira ‘Pêra’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada sobre porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ [*C. limonia* (L.) Osbeck], com 70 cm de altura, com 13 meses de idade, sendo a mais plantada na região de Manaus, utilizando espaçamento de 5 x 4 m entre fileiras e plantas, respectivamente.

A adubação mineral, durante todo o período experimental, foi realizada com base na análise de solo (Tabela 1) e a necessidade da cultura, N, P, K e B (RIBEIRO et al., 1999), Cu e Mn (RAIJ et al., 1997), as quais estão expressas na Tabela 2. Com relação à adubação de P₂O₅, esta foi feita na cova no primeiro ano de implantação, e na superfície nos demais anos de formação do pomar. Quanto ao N e ao K₂O, estes foram parcelados quatro vezes ao ano, enquanto aos demais nutrientes, estes foram aplicados uma vez ao ano, sempre na primeira adubação. A adubação foi feita em sulco com cinco cm de largura e na profundidade média de três cm, a uma distância média de 20 cm no primeiro ano e 2/3 da projeção da copa nos demais (MALAVOLTA et al., 2002).

Utilizaram-se como fonte de nutrientes os fertilizantes uréia (46% de N), superfosfato triplo (46% de P₂O₅ e 12% de Ca), cloreto de potássio (60% de K₂O), bórax (11% de B), sulfato de manganês (23% de Mn), sulfato de cobre (13% de Cu) e FTE BR 12. Entretanto, no experimento de calagem, as fontes bórax, sulfato de manganês e de cobre foram utilizadas somente no primeiro ano, enquanto que o FTE BR 12 foi utilizado no segundo e terceiro ano, aplicando 20 e 50 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Enquanto que no experimento de K, utilizou-se bórax e sulfato de cobre no primeiro ano, e FTE BR 12,

no segundo e terceiro ano.

Tabela 2. Quantidade de nutrientes aplicados nas adubações de implantação e de formação do pomar de laranjeiras nos experimentos, em Manaus, 2011 a 2013.

Nutriente	Implantação	Formação		Total aplicado
	1º ano	2º ano	3º ano	
g planta ⁻¹				
Experimento com dose de corretivo				
N	80	100	200	380
P ₂ O ₅	40	80	100	220
K ₂ O	20	30	60	110
B	8,8	0,2	0,5	9,5
Cu	0,65	0,2	0,5	1,35
Fe	-	0,4	1,0	1,4
Mn	1,5	0,4	1,0	2,9
Mo	-	0,02	0,05	0,07
Zn	-	0,6	1,5	2,1
Co	-	0,02	0,05	0,07
Experimento com dose de potássio				
N	60	100	200	360
P ₂ O ₅	40	80	100	220
B	8,8	0,2	0,5	9,5
Cu	0,65	0,2	0,5	1,35
Fe	-	0,4	1,0	1,4
Mn	-	0,4	1,0	1,4
Mo	-	0,02	0,05	0,07
Zn	-	0,6	1,5	2,1
Co	-	0,02	0,05	0,07
Experimentos com doses de boro e cobre				
N	60	100	200	360
P ₂ O ₅	40	80	100	220
K ₂ O	20	30	60	110
B	8,8	8,8	8,8	26,4 ¹
Cu	0,65	0,65	0,65	1,95 ²
Mn	-	1,0	1,0	2,0
Mo	-	0,05	0,05	0,10
Zn	-	5,0	5,0	10,0

¹ – Estas quantidades foram utilizadas no experimento com Cu;

² – Estas quantidades foram utilizadas no experimento com B.

O controle das plantas daninhas foi realizado na projeção da copa das laranjeiras com capina manual, enquanto que nas entrelinhas utilizou-se roçadeira lateral. Para combater pragas e doenças foi aplicado, sempre que necessário, Vertimec (20 mL 100L⁻¹ de água) e Assist (1L 100L⁻¹ de água), em conjunto com o Adesil (30mL 100L⁻¹ de água), recomendados para citros.

No experimento com doses de corretivo, antes do plantio das mudas, o solo foi coletado na profundidade de 0-20 cm, no centro das covas, para a avaliação dos parâmetros químicos: pH (H₂O) do solo, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, V e m.

O experimento foi conduzido por três anos consecutivos de implantação e formação do pomar. Aos 12, 24 e 36 meses após o transplantio foram avaliados os teores de nutrientes foliares e os seguintes parâmetros biométricos: altura da planta, diâmetro do porta-enxerto e enxerto, diâmetro e volume da copa ($V = 2/3\pi R^2 H$), de acordo com a metodologia proposta por Mendel (1956).

A coleta das folhas foram feitas retirando quatro amostras por pontos cardeais, sempre na altura mediana da planta, conforme cada quadrante (RIBEIRO et al., 1999), perfazendo 16 folhas por planta e 48 no total por unidade experimental (três plantas úteis). Como a planta estava em fase de formação e não apresentava frutos, foi coletada a terceira ou quarta folha recém-amadurecida de cada ramo, descartando aquelas com sintomas de ataques de pragas e doenças. O material coletado foi acondicionado em sacos de papel e transportado para o laboratório, onde foi lavado em água corrente e depois em água deionizada. Após ser seco em estufa com circulação de ar à temperatura de 65 °C, até massa constante, e passado em moinho tipo Willey, foi encaminhado ao laboratório de análise de plantas para as determinações químicas dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido vegetal, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa

Assistat 7.7 (SILVA, 2014) e quando os efeitos foram significativos para as doses de corretivo, foram ajustadas equações de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático pelo teste t, escolhendo aquele com significância menor que 5% ($p < 0,05$) e na significância dos coeficientes de regressão e no maior valor do coeficiente de determinação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Experimento com dose de corretivo

Atributos químicos do solo

Houve alterações do pH, Ca, Mg, H+Al, SB e V% com o aumento das doses de calcário aplicado na cova, aumentando os teores de Ca e de Mg, e do valor do pH do solo e diminuindo a saturação (m) e os níveis de Al^{3+} (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Fageria et al. (2010) e Auler et al. (2011). No entanto, mesmo com essa alteração, nenhuma das doses atingiram o pH do solo (6,0) ou a saturação por base (V=70%) desejáveis para os citros. Isto demonstra que o período de dois meses de incubação do calcário, possivelmente, não foi suficiente para a reação total do corretivo, pois por se tratar de um solo com 73% de argila, a capacidade tampão neste solo é maior, o que necessita de maior tempo de reação ou maior quantidade de calcário (RONQUIM, 2010) para atingir níveis desejáveis. Neste caso, a calagem deve ser efetuada três meses antes do plantio, dependendo do índice pluviométrico da época, para aumentar sua eficiência relativa.

Tabela 3. Atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm, em função das doses de corretivo, antes do plantio das mudas de laranjeira ‘Pêra’, em Manaus, 2011.

Dose de corretivo	pH	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	V	m
t ha ⁻¹	H ₂ O	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----				%	
0	4,82	21,00	1,21	0,32	0,59	5,62	21,99	27,14
1,0	5,13	19,00	1,52	0,70	0,48	5,15	30,58	17,46
2,0	5,36	22,00	2,15	0,96	0,38	4,71	40,20	10,72
3,0	5,50	24,00	2,53	1,25	0,25	4,12	48,25	6,11
4,0	5,84	22,00	3,15	1,45	0,12	3,41	57,73	2,51

Teores nutricionais da folha

Em relação aos teores foliares, foi possível observar que estes estavam desequilibrados nutricionalmente, com exceção do N, P, K e Ca, de acordo com as recomendações propostas por Dias et al. (2013a) para folhas de laranjeira ‘Pêra’ no estado do Amazonas. Entretanto, devido à falta de referência de suficiência nutricional para os primeiros anos de plantio de citros, possivelmente estes teores podem alterar, pois a quantidade varia, entre outros fatores, em função da idade da folha e da planta (SOUZA et al., 1997) e do estágio fenológico (DIAS et al., 2013b).

Apesar do aumento dos teores de Ca no solo devido às doses de corretivo (Tabela 3), não houve incremento do teor deste nutriente na folha (Tabela 4) nos três anos de avaliações. Estes resultados corroboram com os encontrados por Anjos et al., (2011) quando observaram que não houve aumento dos teores de Ca na folha em função das doses de corretivo. No entanto, discordam com os obtidos por Silva et al. (2007), quando avaliaram os teores de Ca na folha de laranjeira, em fase de produção, em função das doses de corretivo.

Entretanto, o presente resultado possivelmente esteja relacionado ao teor de Ca presente na adubação fosfatada, fornecida pelo superfosfato triplo (12% de Ca) suprimindo as exigências nutricionais do Ca pela planta e comprometendo os resultados do teor deste nutriente na folha. Além disso, boa parte do Ca absorvido pela planta se concentra no sistema radicular das plantas (PRADO; NATALE, 2004), pois maiores quantidades de Ca aplicado ao solo, pode resultar em maior disponibilidade e maior absorção deste nutriente, o que contribui como aumento do volume radicular (SOBRAL et al., 2009).

Tabela 4. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira ‘Pêra’ em função das doses de corretivo (DC), aos 12, 24 e 36 meses após o transplântio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

DC	N	P	K	Ca	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹						
12 meses										
0,0	29,00	1,75	5,59	28,91	4,71	229,75	3,32	50,44	21,48	28,07
1,0	29,25	1,67	8,01	26,54	5,13	412,99	2,67	53,40	26,41	27,50
2,0	33,50	1,66	7,84	23,87	4,94	318,74	2,44	41,64	21,92	25,12
3,0	28,50	1,83	7,02	25,76	4,77	316,86	2,95	41,07	19,13	25,09
4,0	28,75	1,78	6,79	25,96	5,03	359,02	2,35	43,87	19,56	26,24
Efeito	ns	ns	Q**	ns	ns	ns	ns	L*	ns	ns
CV (%)	9,72	18,44	13,24	17,67	8,80	29,70	31,47	13,81	24,70	9,90
24 meses										
0,0	28,93	1,73	7,39	38,60	5,59	103,51	5,79	43,81	17,32	20,43
1,0	32,93	2,18	6,47	40,59	4,03	108,50	4,63	45,02	17,35	23,66
2,0	29,33	1,72	7,52	38,13	3,58	118,62	3,35	43,85	15,22	21,60
3,0	30,10	2,06	6,57	39,17	3,63	105,91	3,93	40,53	15,62	22,10
4,0	28,95	2,04	7,54	38,52	4,05	100,71	4,41	41,68	15,26	21,90
Efeito	ns	ns	ns	ns	Q**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9,13	13,14	24,74	11,57	16,29	13,38	29,32	9,02	14,65	12,18
36 meses										
0,0	29,65	2,12	6,91	30,49	3,91	80,52	6,24	37,76	14,92	13,13
1,0	30,00	2,31	7,04	32,95	4,31	72,89	6,19	39,61	13,95	13,72
2,0	28,70	2,08	7,12	32,88	4,37	87,00	6,73	38,34	15,95	16,29
3,0	29,65	2,11	7,28	32,68	4,42	81,87	7,09	40,70	13,92	13,34
4,0	28,28	1,89	6,91	33,94	4,53	74,38	7,02	38,51	14,03	13,52
Efeito	ns	L*	ns	ns	L**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,95	8,56	10,35	7,02	5,61	14,31	11,19	7,68	11,40	11,84

**; *, ns: significativo a 1%; 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.
L – linear; Q – quadrático.

Por outro lado, foi observado que a aplicação das doses de corretivo contribuíram com o incremento dos teores de Mg na folha da laranjeira no primeiro ano de avaliação

(Figura 1), resultado também encontrado por Silva et al. (2007) e Anjos et al. (2011). Isto indica que para cada tonelada de calcário adicionado, houve um incremento no teor de Mg de 0,159 g kg⁻¹ de matéria seca da folha da laranjeira.

Também foi possível observar que o teor foliar de K foi influenciado pelas doses de corretivo, no primeiro ano de avaliação, e que possivelmente foi causado pelo efeito direto das doses de Ca e Mg, pois até a segunda dose de corretivo, houve uma estabilização dos teores de K (Tabela 4), diminuindo a partir das doses seguintes ($y = 5,918 + 1,841x - 0,425x^2$, $R^2 = 0,73^*$). Este comportamento, em relação ao padrão de resposta do K, possivelmente, seja em função do efeito da inibição competitiva existente entre K, Ca e Mg (MALAVOLTA, 2006; SILVA; TREVIZAM, 2015) onde altas doses de Ca ou Mg no solo diminui absorção de K.

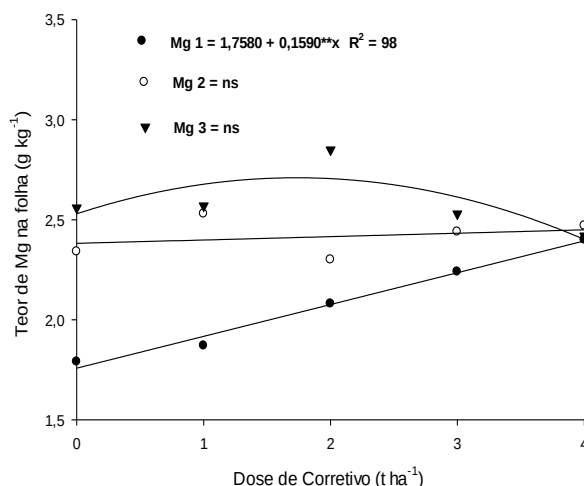


Figura 1. Teor de Mg em folhas de laranjeiras, em função da dose de corretivo. Mg₁, Mg₂ e Mg₃, correspondem ao primeiro, segundo e terceiro ano de avaliação. ** – significativo a 1% de probabilidade; ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos demais nutrientes, apenas os teores de P, S e o Fe na folha foram influenciados pelas doses de corretivos. Entretanto, este efeito foi observado no terceiro ano de condução para P, no segundo e terceiro para o S e no primeiro para o Fe, todos de maneira

linear, com exceção do S no segundo ano, o qual apresentou de forma quadrática (Tabela 4). O efeito indireto do pH sobre a dinâmica da disponibilidade destes três nutrientes no solo é comum observar em trabalhos com citros (FIDALSKI; AULER, 2008; ANJOS et al., 2011), o que poderia resultar também na variação dos seus teores nas folhas.

Parâmetros biométricos da planta

Apesar do aumento dos teores de Ca e Mg, da diminuição de Al e m e do aumento do pH e V no solo (Tabela 2), de modo geral, as características biométricas não foram influenciados, significativamente, pela doses crescentes de corretivo, em condições de covas, nos três anos de avaliações (Tabela 5). Entretanto, Silva et al. (2007) e Anjos et al. (2011) observaram que as doses de corretivo aplicadas a lanço não afetaram, significativamente, a produção de laranjeira cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico e em um Argissolo Amarelo distrófico, respectivamente.

Tais resultados encontrados podem ser atribuídos ao uso do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, que segundo Auler et al. (2011), apresenta uma certa tolerância à acidez do solo e não responde tão bem ao uso de calcário. Entretanto, outros parâmetros químicos do solo podem estar associados a esta resposta, como pH e o teor de Ca (Tabela 1), pois, o teor de Ca no solo ($1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) antes da calagem, considerado médio por Ribeiro et al. (1999), em conjunto com a quantidade fornecida pelo superfosfato triplo (12% de Ca) aplicado todo ano, utilizado como fonte de fósforo, pode ter suprido as necessidades de Ca pela planta e comprometido em parte os resultados sobre o crescimento da laranjeira, pois, maiores quantidades de Ca aplicado ao solo, pode resultar em maior disponibilidade e maior absorção deste nutriente, auxiliando no crescimento do volume radicular (SOBRAL et al., 2009), ajudando na absorção dos demais nutrientes e água, influenciando no incremento das características biológicas das plantas, auxiliando no melhor desenvolvimento da cultura.

Tabela 5. Altura da planta (AP), diâmetro do porta-enxerto (DP) e enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC) em função das doses de corretivo, aos 12, 24 e 36 meses após o transplântio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Dose de corretivo	AP	DP	DE	DC	VC
t ha ⁻¹	----- m -----	----- mm -----	----- m -----	----- m -----	----- m ³ -----
12 meses					
0,0	1,66	44,90	38,67	1,65	2,46
1,0	1,74	45,37	40,57	1,69	2,60
2,0	1,60	42,01	36,98	1,70	2,49
3,0	1,58	46,07	38,63	1,69	2,46
4,0	1,60	42,29	37,52	1,52	2,02
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns
CV	7,48	9,72	10,62	13,97	26,84
24 meses					
0,0	2,17	68,24	62,66	2,15	5,31
1,0	2,26	68,96	65,32	2,19	5,64
2,0	2,10	63,85	59,54	2,21	5,36
3,0	2,06	70,02	63,56	2,20	5,37
4,0	2,09	64,76	60,34	1,98	4,34
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns
CV	6,86	11,82	12,83	12,74	27,10
36 meses					
0,0	2,81	94,28	87,51	2,81	11,74
1,0	2,85	95,27	91,29	2,87	12,24
2,0	2,81	88,21	83,21	2,89	12,31
3,0	2,84	96,74	90,67	2,87	12,69
4,0	2,74	88,80	83,66	2,59	9,76
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns
CV	5,67	13,52	13,18	11,45	25,33

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Por outro lado, Pavan e Jacomino (1998), trabalhando com adição de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, isoladamente, em mudas de limoeiro 'Cravo' e de tangerina

'Cleópatra' em vasos, observaram que aos 10 meses após o transplântio, houve incrementos significativos na matéria seca da raiz com a calagem, a partir da correção do pH (CaCl_2) do solo a níveis de 5,0 e 5,5, respectivamente para 'Cleópatra' e 'Cravo'. Entretanto, isso só foi possível observar no tratamento com carbonato de cálcio, o que foi atribuído ao baixo teor inicial de Ca no solo ($0,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Dessa forma, apesar do conhecimento sobre a importância da calagem para as plantas, em especial as culturas perenes, como as frutíferas (NATALE et al., 2012), a incorporação do calcário é mais complexa, seja em cova ou superfície, devido às características típicas destas plantas, pois, permanecem longos períodos explorando quase o mesmo volume de solo.

No entanto, apesar da indiscutível importância para a maioria das plantas frutíferas, são escassas as informações sobre a prática da calagem na fase de implantação e formação dos pomares, merecendo uma maior atenção de pesquisas sobre o assunto, principalmente para os solos da região Amazônica, onde é comum encontrar, naturalmente, teores muito baixos de Ca e Mg, com alta acidez ativa, trocável e potencial (BATISTA, 2014), o que pode comprometer o real potencial de desenvolvimento das culturas.

5.2. Experimento com dose de potássio

Teor de potássio no solo

Observou-se que houve efeito significativo da adubação potássica sobre o teor de K trocável no solo nos três anos de avaliações (Tabela 6). As doses mais elevadas do K_2O aumentaram linearmente os teores de K na profundidade de 0-20 cm. Este resultado pode ser explicado, além da adubação potássica, 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.

Com base na dose correspondente à MEE acima citada e com o teor de K presente no solo (Tabela 1) no primeiro ano de avaliação, verifica-se que o nível crítico de K para o plantio da laranjeira nas condições do presente solo corresponde a 22 mg dm^{-3} .

Tabela 6. Equações de regressão linear e valores de F relativos aos efeitos lineares, para o teor de K no solo, em função da aplicação do potássio nos três anos de avaliação.

Amostra	Efeito	R^2	Equação de regressão
1º ano	Linear	0,86	$y = 16,272 + 0,278^{**}x$
2º ano	Linear	0,87	$y = 15,983 + 0,1638^{**}x$
3º ano	Linear	0,81	$y = 16,306 + 0,1076^{**}x$

******; significativo a 1% de probabilidade;
L – linear.

Teores nutricionais da folha

Os teores de nutrientes na folha (Tabela 7) estavam abaixo, adequados e acima, principalmente o B, do recomendável por Ribeiro et al. (1999) e por Mattos Junior et al. (2009), próximo da recomendação de Dias et al. (2013a), para folhas de laranjeira ‘Pêra’ no estado do Amazonas em fase de produção. Entretanto, vale ressaltar que os teores dos nutrientes abaixo do recomendável da literatura pode ser explicado pelo fato de que o presente

trabalho foi em pomar em formação, e a recomendação é baseada para pomar em produção.

Tabela 7. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranja 'Pêra' em função das doses de K, aos 12, 24 e 36 meses após o transplante, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

K ₂ O g planta ⁻¹	N -----	P -----	Ca g kg ⁻¹ -----	Mg -----	S -----	B -----	Cu -----	Fe mg kg ⁻¹ -----	Mn -----	Zn -----
12 meses										
0,0	29,75	1,97	32,83	3,92	5,59	231,65	3,08	48,17	11,66	19,80
10,0	27,50	2,27	33,77	4,08	5,96	189,43	3,13	52,17	12,51	21,75
20,0	28,25	2,14	31,99	3,65	6,64	221,74	3,54	53,51	13,06	21,42
40,0	26,00	2,06	28,25	3,16	6,42	260,07	3,72	51,76	14,46	19,65
60,0	27,25	1,87	24,51	2,96	6,29	236,14	4,85	50,96	12,46	19,31
Efeito	L*	ns	L**	L**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,69	13,02	7,62	10,05	11,66	15,51	35,31	19,73	14,27	10,66
24 meses										
0,0	26,75	1,90	39,95	4,08	3,78	98,48	4,42	48,11	12,91	19,68
20,0	26,13	1,70	44,24	3,79	3,34	107,13	6,19	64,03	16,32	19,03
40,0	25,95	1,40	45,52	3,59	3,94	107,92	6,31	60,87	14,86	17,12
80,0	24,43	1,54	40,57	3,12	3,60	87,46	6,10	50,90	14,72	15,66
120,0	26,25	1,83	37,34	2,98	3,08	91,44	6,13	59,23	12,98	16,72
Efeito	ns	Q*	Q*	L**	ns	ns	ns	ns	Q*	L**
CV (%)	10,90	20,66	9,25	12,94	12,86	14,31	26,65	17,46	13,83	8,48
36 meses										
0,0	29,60	2,29	36,63	3,98	3,84	76,50	6,08	42,26	12,12	14,06
30,0	27,85	2,44	59,20	3,97	3,43	86,17	7,26	51,79	13,10	15,03
60,0	28,48	2,34	55,38	4,04	3,43	82,75	7,78	56,18	12,57	14,60
120,0	26,40	2,58	43,27	3,86	3,90	75,34	9,14	60,48	14,07	13,82
180,0	26,65	2,80	36,86	3,80	3,41	90,28	8,37	56,54	13,08	13,83
Efeito	L**	ns	Q*	ns	ns	ns	L*	L**	ns	ns
CV (%)	3,14	15,77	32,28	9,71	11,40	11,59	22,51	12,42	17,83	8,36

**; *, ns: significativo a 1%; 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente;

L – linear; Q – quadrático.

As doses de K_2O aplicado ao solo influenciaram significativamente nos teores de K na folha, nos três anos de avaliações, sendo que no primeiro ano houve efeito quadrático e nos demais lineares (Figura 2), ficando abaixo dos teores foliares recomendados para os citros. Em relação ao baixo teor de K na folha em função da maior dose, no primeiro ano de avaliação, pode ser explicado pelo aumento da matéria seca da planta, contribuindo com o efeito de diluição do nutriente.

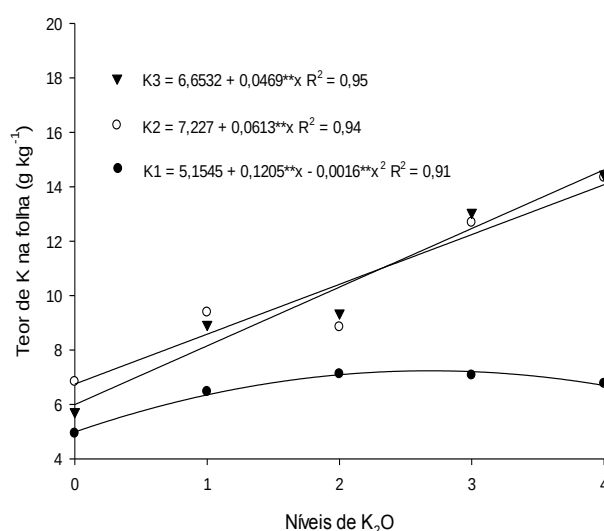


Figura 2. Teor de K na folha em função das doses de K_2O aplicada ao solo. K1, K2 e K3, correspondem ao primeiro, segundo e terceiro ano de avaliação. Níveis de K_2O , correspondem as doses de K_2O (g $planta^{-1}$) aplicada no primeiro (0,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 60,0); segundo (0,0; 20,0; 40,0; 80,0 e 120,0) e terceiro (0,0; 30,0; 60,0; 120,0 e 180,0) ano de avaliação.

Além disso, foi possível observar que as doses de K_2O afetaram os teores de N, P, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe, sendo que a diminuição dos teores de Ca e Mg na folha é devido a inibição competitiva existentes entre K, Ca e Mg. Isto ocorre quando dois elementos se combinam com o mesmo sítio do “carregador” na membrana (MALAVOLTA, 2006; SILVA; TREVIZAM, 2015).

Parâmetros biométricos da planta

As variáveis biométricas da planta foram influenciadas, significativamente, pelo fornecimento das doses de K_2O ao solo nos três anos de avaliação. As variáveis altura da planta, diâmetro e volume da copa, diâmetro do porta-enxerto e enxerto apresentaram resposta quadrática, no primeiro ano de avaliação, em função do aumento das doses (Figura 3), tendendo a estabilizar a partir da quarta dose, exceto as variáveis diâmetro e volume da copa que foi a partir da terceira dose. Resultados semelhantes também foram observados nos demais anos de avaliação. Os comportamentos das variáveis biométricas podem ser explicados pelo fato de que sob o fornecimento excessivo de um nutriente, o aumento da produção paralisa, resultando em teores de nutrientes altos, mas sem resposta em termos de produção (RAIJ, 2011).

Quaggio et al. (2004) observaram que as maiores doses de K aplicado ao solo afetaram de forma quadrática o volume da copa da laranjeira ‘Pêra’, corroborando com o presente trabalho. Além disso, segundo Quaggio et al. (1997), as recomendações atuais de fertilizantes para plantas cítricas jovens (menores que cinco anos de idade) no Brasil sugerem maiores quantidades de aplicações de N e P do que de K. Entretanto, doses maiores de K são mais indicadas quando se avalia a produtividade dos frutos, uma vez que são necessárias pequenas quantidades de K para o crescimento vegetativo, do que em relação à produção de frutos, devido à remoção de K pela colheita dos frutos ser grande (MATTOS JUNIOR et al., 2003).

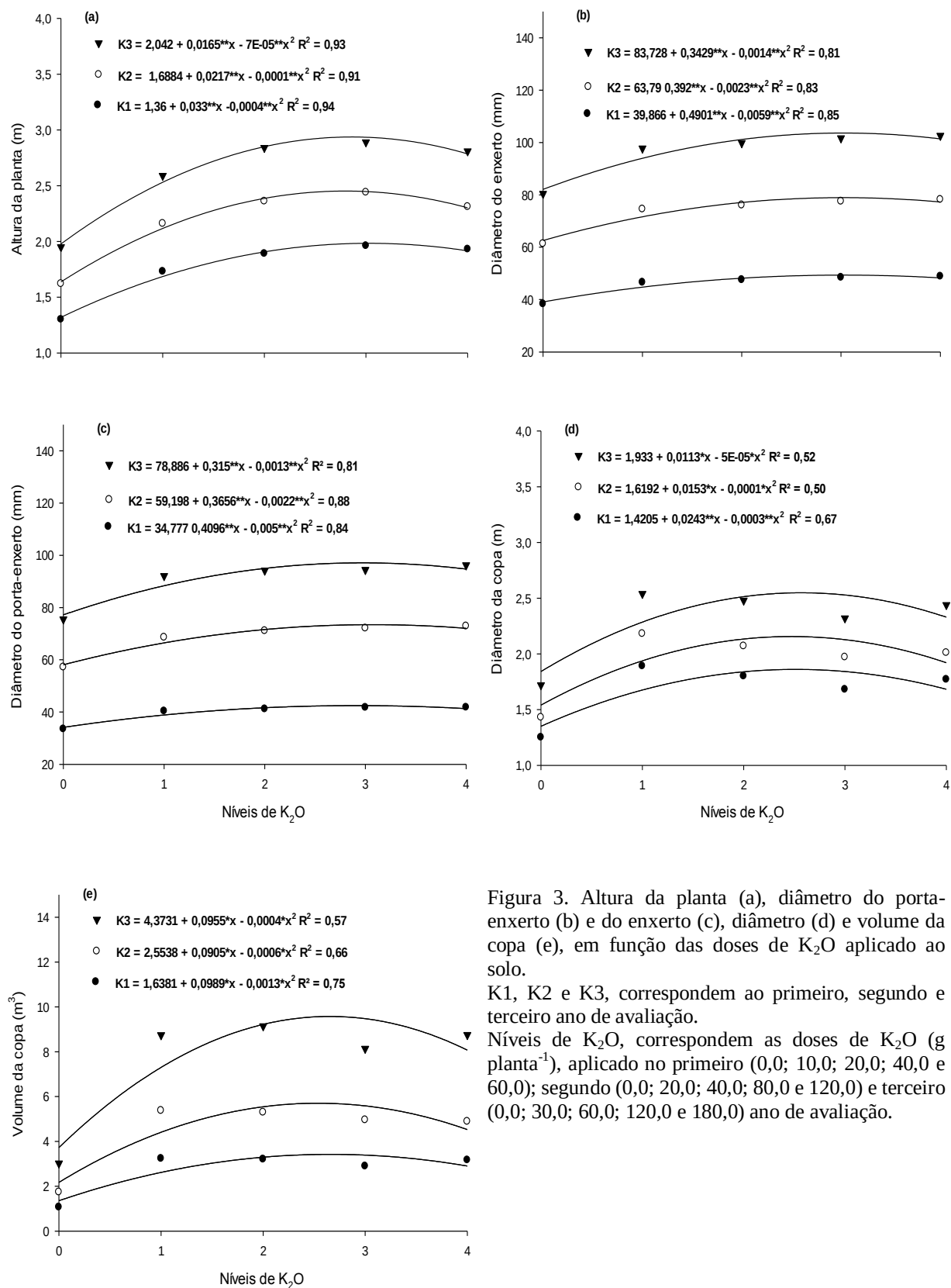


Figura 3. Altura da planta (a), diâmetro do porta-enxerto (b) e do enxerto (c), diâmetro (d) e volume da copa (e), em função das doses de K_2O aplicado ao solo.

K1, K2 e K3, correspondem ao primeiro, segundo e terceiro ano de avaliação.

Níveis de K_2O , correspondem as doses de K_2O ($g\ plant^{-1}$), aplicado no primeiro (0,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 60,0); segundo (0,0; 20,0; 40,0; 80,0 e 120,0) e terceiro (0,0; 30,0; 60,0; 120,0 e 180,0) ano de avaliação.

De acordo com Quaggio et al. (2004), a variável que apresenta melhor correlação com a produção de laranja é o volume da copa. Dessa forma, em relação ao primeiro ano de avaliação, considerando a dose correspondente a 90% como a máxima eficiência econômica (MEE) do valor da máxima eficiência física (MEF) do volume da copa, verificou-se que a dose de 22 g planta^{-1} de K_2O , seria a mais indicada à implantação da cultura na laranjeira nas condições químicas do presente solo (39 mg dm^{-3} de K), para a região metropolitana de Manaus. Este resultado corrobora com as recomendações propostas por Mattos Junior et al. (2009) para citros, o que corresponde a 20 g planta^{-1} de K_2O para solos com teores de K entre 31 e 58 mg dm^{-3} .

5.3. Experimento com dose de boro

Teor de B no solo

Os teores de B no solo, no primeiro ano de avaliação, afetou linearmente a disponibilidade no solo, na profundidade de 0-20 cm, contribuindo com a sua absorção (Tabela 8). Isto mostra que houve incremento de 0,021 mg de B em função de cada grama do nutriente aplicada ao solo, demonstrando que o aumento da disponibilidade de B no solo, no presente estudo, pode estar mais influenciado pela doses aplicadas.

Tabela 8. Equação de regressão linear e valor de F relativo ao efeito linear, para o teor de B no solo, em função das doses de B no primeiro ano de avaliação.

Experimento	Efeito	R ²	Equação de regressão
B - 1º ano	Linear	0,79	$y = 0,1795 + 0,0221^{**}x$

**; significativo a 1% de probabilidade;
L – linear.

Teores nutricionais da folha

Por outro lado, avaliando os teores de nutrientes na folha (Tabela 9), foi possível observar que os mesmos estavam abaixo, adequados e acima, do recomendável por Ribeiro et al. (1999) e por Mattos Junior et al. (2009), mas próximo da recomendação de Dias et al (2013a), para laranjeira ‘Pêra’ no estado do Amazonas em fase de produção. Entretanto, mesmo com valores dos teores dos nutrientes em dispersões do recomendável, vale ressaltar a necessidade de recomendações para fase de implantação da cultura da laranjeira, uma vez que a recomendação é baseada para pomar em produção.

Tabela 9. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira ‘Pêra’ em função das doses de B, aos 12, 24 e 36 meses após o plantio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Dose de B	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
g planta ⁻¹	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
12 meses										
0,0	28,50	3,47	6,20	36,38	3,58	6,41	3,44	36,00	12,71	19,55
4,4	30,00	3,07	6,69	34,98	3,51	6,04	3,46	37,98	11,80	19,64
8,8	29,00	2,69	6,27	35,99	3,58	6,72	3,58	43,51	12,41	20,25
13,2	28,50	2,90	6,72	34,62	3,69	7,04	3,65	48,63	13,93	20,36
17,6	29,75	2,52	6,01	35,87	3,77	6,32	3,23	47,59	13,05	20,58
Efeito	Q**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	L**	ns	ns
CV (%)	5,03	22,91	7,56	4,59	7,19	12,58	30,42	13,73	9,35	14,80
24 meses										
0,0	28,25	2,40	6,40	43,34	3,32	2,33	5,02	42,26	13,07	16,42
5,28	27,53	2,62	5,59	47,39	3,71	2,49	6,73	45,32	15,21	19,22
10,56	28,08	2,42	6,74	45,68	3,53	3,09	6,64	46,79	13,79	17,82
15,84	27,05	2,52	7,22	47,31	3,94	2,95	6,63	45,19	15,58	19,78
21,12	27,98	2,55	9,76	40,93	3,52	3,81	7,05	47,72	14,85	17,68
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns	L*	L**	ns	ns	ns
CV (%)	10,17	20,51	44,88	13,91	12,81	32,60	10,42	10,51	16,92	14,69
36 meses										
0,0	29,38	3,67	6,97	51,10	3,78	3,71	6,83	51,38	13,61	14,52
6,6	29,48	3,49	7,67	46,30	3,77	3,86	7,09	56,52	12,01	14,33
13,2	28,53	3,58	7,11	43,13	4,32	4,13	7,09	54,39	12,66	14,40
19,8	28,93	3,00	7,00	44,33	4,39	3,93	6,28	57,74	14,20	13,84
26,4	29,13	3,53	8,75	45,70	4,21	4,26	7,30	97,42	16,01	14,34
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6,35	26,23	16,44	11,17	12,01	13,43	9,70	52,40	18,51	10,80

**; *, ns: significativo a 1%; 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

L – linear; Q – quadrático.

Os teores de B na folha estavam acima da recomendação, o que pode comprometer o desenvolvimento da cultura, pois, houve efeito significativo para os teores de B, nos três anos de avaliações, apresentando comportamento linear (Figura 4). Estes resultados corroboram

com os encontrados por Quaggio et al. (2003) que observaram incremento linear de B na folha de laranjeira ‘Pêra’, em fase de produção, em função das doses crescentes de B aplicadas ao solo.

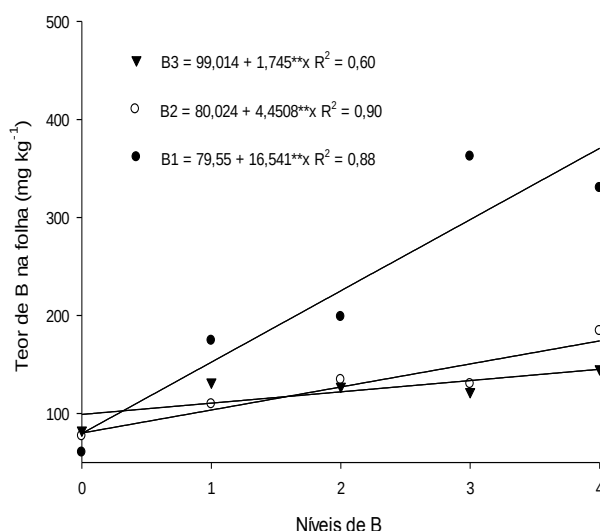


Figura 4. Teor de B na folha em função de doses de B aplicadas ao solo. B1, B2 e B3, correspondem ao primeiro, segundo e terceiro ano de avaliação. Níveis de B, correspondem as doses de B (g planta⁻¹), aplicado no primeiro (0,0; 4,4; 8,8; 13,2 e 17,6); segundo (0,0; 5,28; 10,56; 15,84 e 21,12) e terceiro (0,0; 6,6; 13,2; 19,8 e 26,4) ano de avaliação.

Observou-se o aumento de 16,54; 4,45 e 1,74 mg kg⁻¹ do teor de B na folha para cada grama de B aplicada ao solo no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. Além disso, mesmo com o aumento das doses de B aplicada no segundo e terceiro ano, houve uma diminuição do teor de B na folha, o que pode estar relacionado ao efeito diluição. Mattos Junior et al. (2008) verificaram que houve diminuição do teor de B na matéria seca total dos porta-enxertos ‘Swingle’ e ‘Cravo’ da primeira para a segunda avaliação (55 e 110 dias, respectivamente).

O maior teor de B na folha no primeiro ano avaliação pode estar relacionado ao fato de que as plantas em estado inicial de crescimento absorvem o B com maior intensidade, contribuindo para um maior desenvolvimento, pois nesta fase, a planta é a mais exigente em

B, sendo pequena a mobilidade de redistribuição dos tecidos velhos para os jovens (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Os valores de B na folha da laranjeira na dose zero nos três anos de avaliação pode confirmar que o teor de B no solo estava em condições adequadas para a implantação e formação do pomar, uma vez que os teores de B na folha (60; 77 e 83 mg kg⁻¹) estavam em níveis considerados adequados para a laranjeira, segundo Raij et al. (1997) e Ribeiro et al. (1999) e próximo das recomendações de Mattos Junior et al. (2009), que correspondem a 50-100; 36-100 e 75-125 mg kg⁻¹, respectivamente.

Dessa forma, maiores doses de B aplicadas ao solo pode aumentar o teor na folha, porém comprometendo o crescimento da altura da laranjeira, onde o fornecimento excessivo de um nutriente limita o aumento de produção da planta, além de interferir na absorção de outros nutrientes (RAIJ, 2011), o que foi observado nos teores de N, S, Cu e Fe na folha (Tabela 5).

Parâmetros biométricos da planta

Dentre as variáveis biométricas da planta, houve efeito significativo para a altura da planta nos anos de avaliação (Figura 5). Em relação ao segundo e ao terceiro ano foi possível verificar efeito para as variáveis diâmetro do caule do porta-enxerto e enxerto (Tabela 10).

O efeito quadrático dos parâmetros biométricos em função das doses de B mostra que altas doses de B, aplicados ao solo podem comprometer o crescimento da laranjeira ‘Pêra’ (Figura 5). Este resultado corrobora com os encontrados por Mattos Junior et al. (2008), que trabalhando com limoeiro ‘Cravo’ em sementeira, constataram redução da matéria seca do limoeiro ‘Cravo’ com o aumento das doses de B.

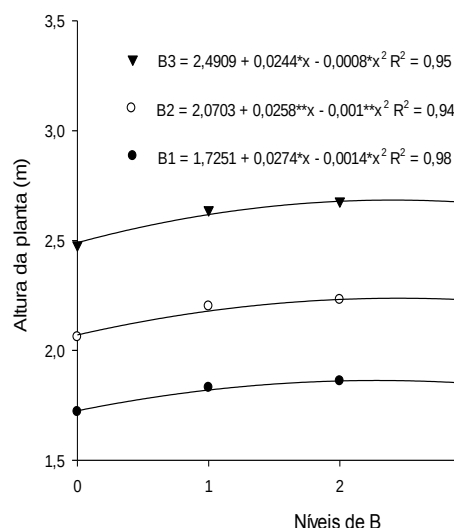


Figura 5. Altura da planta em função das doses de B aplicado ao solo. B1, B2 e B3, correspondem ao primeiro, segundo e terceiro ano de avaliação. Níveis de B, correspondem as doses de B (g planta⁻¹), aplicado no primeiro (0,0; 4,4; 8,8; 13,2 e 17,6); segundo (0,0; 5,28; 10,56; 15,84 e 21,12) e terceiro (0,0; 6,6; 13,2; 19,8 e 26,4) ano de avaliação.

Os resultados mostram que a melhor dose de B para o cultivo da laranjeira ‘Pêra’ para a implantação da cultura está situado entre 4,4 e 8,8 g planta⁻¹, corroborando com a recomendação proposta por Ribeiro et al. (1999) que é de 80g de bórax (8,8 g de B), quando se considera a carência de B no solo, pois, a partir da quarta dose, o B interferiu no desenvolvimento da planta (Figura 5).

Considerando 95% da MEF da altura, verifica-se que a dose de 1,64 g planta⁻¹ de B é a mais recomendada para as condições do presente solo (0,2 mg dm⁻³ de B) para o plantio da laranjeira ‘Pêra’ na região de Manaus. Porém, falta uma melhor compreensão dos teores adequados de B no solo para a região de Manaus, uma vez que não há padronização de teores adequados no Brasil. Pois, os estados de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999) e São Paulo (RAIJ et al., 1997) e a recomendações de Mattos Junior et al. (2009) utilizam como teores médios os valores de 0,3-0,6; 0,21-0,6 e 0,6-1,0 mg de B dm⁻³ de solo, respectivamente.

Tabela 10. Diâmetro do porta-enxerto (DPE) e enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC) em função das doses de boro na fase de plantio em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Doses de B (g planta ⁻¹)	DPE mm	DE mm	DC m	VC m ³
12 meses				
0,0	46,66	39,86	1,80	2,92
4,4	50,85	44,54	1,98	3,77
8,8	50,73	44,13	1,84	3,35
13,2	48,32	41,98	1,81	3,18
17,6	47,82	41,21	1,92	3,53
Efeito	ns	ns	ns	ns
C.V.	9,20	10,66	6,76	17,15
24 meses				
0,0	60,66	55,8	1,98	4,23
5,28	66,11	62,36	2,18	5,45
10,56	65,95	61,78	2,02	4,79
15,84	62,82	58,77	1,99	4,58
21,12	61,25	55,69	2,11	5,01
Efeito	Q**	Q**	ns	ns
C.V.	11,24	12,25	8,57	15,47
36 meses				
0,0	84,92	79,24	2,18	6,15
6,6	92,55	88,55	2,40	7,92
13,2	92,33	87,73	2,23	6,95
19,8	90,25	83,46	2,19	6,65
26,4	87,03	79,65	2,32	7,28
Efeito	Q*	Q*	ns	ns
C.V.	10,32	9,48	9,61	21,43

ns - não significativo pelo teste F (P<0,05). ** e *, significativo ao nível de 1 e 5% de pelo teste t;
Q – quadrático.

5.4. Experimento com dose de cobre

Teor de cobre no solo

As doses de Cu aplicado ao solo proporcionaram aumento nos teores do nutriente no solo, corroborando com os resultados encontrados por Mattos Junior et al. (2010). No presente estudo foi verificado aumento de mais de 0,72 mg de Cu para cada grama do nutriente aplicado ao solo (Tabela 11), mostrando que há maior disponibilidade de Cu no solo com o aumento das doses aplicadas.

Tabela 11. Equação de regressão linear e valor de F relativo ao efeito linear, para o teor de Cu no solo, em função das doses Cu, no primeiro ano de avaliação.

Experimento	Efeito	R ²	Equação de regressão
Cu - 1º ano	Linear	0,74	$y = 0,686 + 0,7231 \cdot x$

* – significativo ao nível de 5% de probabilidade;
L – linear.

Teores nutricionais da folha

Em relação aos teores de nutrientes na folha nos três anos de avaliações (Tabela 12), observou-se que mesmos estavam próximos dos recomendáveis por Ribeiro et al. (1999) e por Mattos Junior et al. (2009), porém, em condições abaixo, adequados e acima, principalmente para laranjeira ‘Pêra’ no estado do Amazonas em fase de produção (DIAS et al., 2013a). Mesmo com valores dispersos dos teores dos nutrientes, há necessidade adaptação para recomendações para fase de implantação da cultura da laranjeira.

Quando se avalia apenas o teor de Cu na folha, apesar da aplicação das doses ao solo e de seu aumento no solo, não houve incremento significativo do seu teor na folha (Tabela 12). Porém, isto provavelmente está relacionado à quantidade de Cu absorvido que se concentra boa parte nas raízes das plantas, sendo o micronutriente que mais auxilia no crescimento radicular (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Mattos Junior et al. (2010),

trabalhando com doses de Cu em mudas citros em diferentes porta-enxertos em condição de vaso, observaram que os maiores teores de Cu ficaram concentrados nas raízes das mudas.

Tabela 12. Teores de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira ‘Pêra’ em função das doses de Cu, aos 12, 24 e 36 meses após o plantio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Doses de Cu, dos 12, 24 e 36 meses após o plantio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.										
Dose de Cu (g planta ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
12 meses										
0,0	31,00	1,59	10,50	31,15	3,46	199,20	4,10	18,89	10,79	20,14
0,325	31,50	2,22	6,41	30,55	3,66	243,68	4,38	49,61	12,33	21,09
0,650	31,50	2,19	10,52	30,32	3,76	250,88	4,02	46,44	11,57	20,68
0,975	29,50	2,49	7,30	32,18	3,58	313,01	3,80	50,72	12,18	21,75
1,300	29,75	2,78	8,01	30,29	3,51	241,05	4,26	47,68	11,90	21,12
Efeito	ns	L*	ns	L*	ns	ns	ns	Q**	ns	ns
CV (%)	4,30	27,94	23,15	7,69	11,95	26,37	15,83	22,67	14,53	10,30
24 meses										
0,0	26,40	1,67	8,17	44,59	3,90	99,60	5,62	50,85	14,63	16,95
0,390	26,35	1,73	7,13	42,31	4,34	98,46	5,95	47,82	13,00	17,63
0,780	28,15	1,62	11,12	43,50	4,14	87,81	6,03	50,13	14,80	16,20
1,170	26,43	1,93	10,35	43,96	4,03	88,82	6,02	52,00	14,79	17,75
1,560	27,33	1,62	10,30	44,93	3,82	93,98	6,68	53,70	15,35	17,12
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14,02	23,96	51,70	13,63	14,72	15,29	15,63	9,55	22,86	15,31
36 meses										
0,0	28,33	2,84	9,22	44,03	4,55	108,11	7,15	70,72	14,16	14,44
0,4875	27,78	2,57	8,74	37,84	4,68	84,93	7,15	68,22	11,39	14,34
0,9750	28,33	2,66	11,02	37,72	4,53	100,11	6,83	66,52	12,14	13,58
1,4625	29,13	3,10	10,65	41,80	4,20	93,27	6,48	69,42	12,73	14,22
1,9500	28,40	2,72	13,23	42,11	4,02	99,32	9,26	63,65	13,47	13,35
Efeito	Q*	ns	ns	L*	ns	ns	ns	ns	L*	Q*
CV (%)	10,58	24,68	27,65	15,68	14,77	17,20	21,15	29,85	28,56	17,22

**; *, ns: significativo a 1%; 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente;
L – linear; Q – quadrático.

Por outro lado, mesmo sem efeito significativo dos teores foliares de Cu foi possível observar que o nutriente aumentou nas folhas com o passar dos anos, provavelmente esteja relacionado com o aumento das doses aplicadas no segundo e terceiro ano. Entretanto, segundo Boaventura (2003), elevados teores de Cu nas folhas e também nas demais partes de mudas de laranjeira ‘Valência’ sugerem que a exigência das mudas por este nutriente é superior àquela de plantas adultas.

Apesar da ausência significativa dos teores de Cu na folha, os teores médios de 4,11; 6,06 e 7,37 mg kg⁻¹ nos três anos de avaliação são considerados adequados para a cultura da laranjeira. Pois, de acordo Ribeiro et al, (1999) e Mattos Junior et al. (2009), a faixa de teores adequados de Cu em citros varia de 4 a 10 mg kg⁻¹. Entretanto, segundo Raij et al. (1997) os teores adequados variam entre 8-12 mg kg⁻¹, o que pode verificar a necessidade de padronização dos teores deste nutriente para as condições da região de Manaus.

Por outro lado, foi verificado que houve efeito linear decrescente e crescente do S na folha no primeiro e terceiro ano de avaliação, respectivamente (Figura 6). Este incremento possivelmente esteja relacionado diretamente ao sulfato de cobre, utilizado como fonte das doses de Cu. Também foi verificado o efeito significativo das doses de Cu sobre os teores de N, P, Ca, Fe, Mn e Zn (Tabela 12).

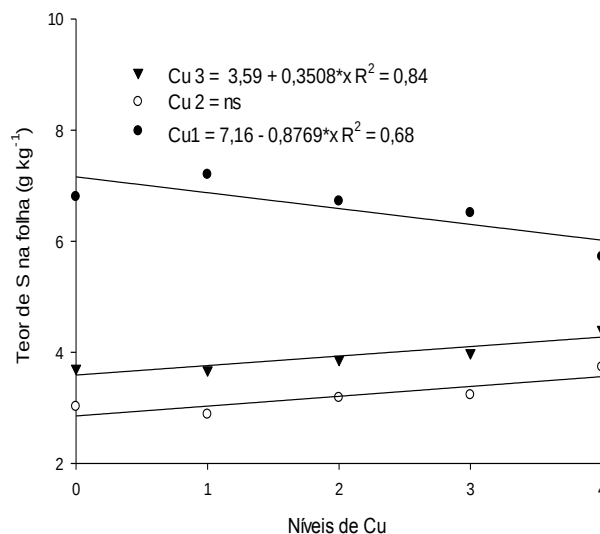


Figura 6. Teor de S na folha em função de doses de Cu aplicadas ao solo. Cu1, Cu2 e Cu3, correspondem ao primeiro, segundo e terceiro ano de avaliação. Níveis de Cu, correspondem às doses de Cu (g planta^{-1}), aplicado no primeiro (0,0; 0,325; 0,650; 0,975 e 1,3); segundo (0,0; 0,39; 0,78; 1,17 e 1,56) e terceiro (0,0; 0,4875; 0,975; 1,4625 e 1,95) ano de avaliação.

Parâmetros biométricos da planta

Os parâmetros biológicos indicativos do crescimento das plantas não apresentaram diferenças significativas em função das doses de cobre aplicadas no primeiro e segundo anos de experimentação, apenas no terceiro ano para a variável altura e volume da copa (Tabela 13). Estes resultados podem ser explicados, devido, principalmente, pelo teor de Cu no solo, mesmo considerado baixo (RIBEIRO et al., 1999), mas sendo o suficiente para os dois primeiros anos de plantio. Além disso, a matéria orgânica do solo apresentou teor médio no momento do plantio, e sua constante mineralização pode ter contribuído com a disponibilidade deste micronutriente.

Tabela 13. Altura, diâmetro do porta-enxerto (DPE) e enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC) em função das doses de cobre (Cu), em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Dose de Cu	Altura	DPE	DE	DC	VC
g planta ⁻¹	----- m -----	----- mm -----	----- mm -----	----- m -----	----- m ³ -----
12 meses					
0,0	1,76	48,27	41,67	1,89	3,40
0,325	1,79	48,48	42,14	1,95	3,64
0,650	1,82	46,22	38,93	1,76	3,08
0,975	1,82	46,80	40,19	1,84	3,32
1,300	1,80	45,98	38,38	1,80	3,29
Efeito	ns	ns	Q*	ns	ns
CV (%)	8,37	8,60	9,98	13,36	30,93
24 meses					
0,0	2,29	67,58	62,51	2,10	5,27
0,390	2,33	67,87	63,21	2,16	5,71
0,780	2,37	64,71	58,4	1,95	4,73
1,170	2,33	65,52	60,29	2,04	4,97
1,560	2,32	65,37	58,79	2,00	4,89
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11,52	10,23	9,12	9,75	17,54
36 meses					
0,0	2,61	87,85	81,88	2,20	6,62
0,4875	2,65	88,23	82,81	2,27	7,17
0,9750	2,68	84,12	76,5	2,05	5,94
1,4625	2,59	85,18	78,97	2,14	6,24
1,9500	2,57	84,68	76,42	2,10	5,93
Efeito	Q*	ns	ns	ns	L*
CV (%)	13,78	9,68	13,25	10,72	21,26

ns - não significativo pelo teste F (P<0,05). * significativo ao nível de 5% de pelo teste t;
Q – quadrático.

6. CONCLUSÕES

A correção do pH e da saturação de bases não atingiu os níveis esperados.

As doses de corretivo não proporcionaram ganhos significativos nos parâmetros biométricos da laranjeira ‘Pêra’ nos três primeiros anos de avaliação. No entanto, a aplicação da dose de corretivo proporcionou aumento dos teores de Ca e Mg no solo, mas houve apenas incremento do teor de Mg e resposta quadrática do teor de K na folha no primeiro ano de avaliação e no teor de P no terceiro ano.

A adição de doses crescentes de K_2O no solo afetou o desenvolvimento da laranjeira ‘Pêra’ nos três anos de avaliações, sendo que no primeiro ano da formação do pomar, a dose de 22 g planta^{-1} de K_2O foi a que proporcionou melhor crescimento planta, com nível crítico de K estimado em 22 mg dm^{-3} de solo. Além disso, a adição de doses de K no solo proporcionou aumento na absorção e do teor foliar de K, e consequentemente na diminuição da absorção e do teor foliar de Ca e Mg.

As doses de B afetaram apenas o incremento da altura da laranjeira ‘Pêra’ e os teores de B na folha nos três anos de avaliação.

A adição de Cu afetou apenas os parâmetros biométricos da laranjeira ‘Pêra’ no terceiro ano de avaliação, influenciando também nos teores de S na folha em função das doses aplicadas.

7. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ANJOS, J. L.; SOBRAL, L. F.; LIMA JUNIOR, M. A. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p.1138–1142, 2011.

AULER, P. A. M.; NEVES, C. S. V. J.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M. A. Calagem e desenvolvimento radicular, nutrição e produção de laranja ‘Valência’ sobre porta-enxertos e sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.254-261, 2011.

BATISTA, I. M. P. **Recomendação de calagem para alguns solos do estado do Amazonas**. 2014. 46f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

BOAVENTURA, P. R. R. **Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substratos em ambiente protegido**. 2003. 62 f. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico, Campinas.

BOLOGNA, I. R; VITTI, G. C. Produção e qualidade de frutos de laranjeira Pêra” em função de fontes e doses de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.28, n.2, p.328-330, 2006.

CAIRES, E. F.; CORRÊA, J. C. L.; CHURKA, S.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. **Scientia Agrícola**, v. 63, p. 502- 509, 2006.

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v.26, n.2, p.187-194, 2010.

CAMARGOS, S. L. **Acidez do solo e calagem (reação do solo)**. Universidade Federal de Mato Grosso, MT. 2005. 26 p.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 153-159, 2011.

CUNHA, T. J. F., MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazônica**. v. 37, n. 1, 91 – 98, 2007.

DECHEN A. R.; NACHTIGALL G. R. Elementos Requeridos à Nutrição de Plantas. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p. 92-132.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos Essenciais e Benéficos às Plantas Superiores. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. 432 p.

DIAS, J. R. M.; TUCCI, C. A. F.; WADT, P. G. S.; PARTELLI, F. L.; PEREZ, D. V.; ESPINDULA, M. C.; TOMIO, D. B. Antecipação do período de diagnose foliar em laranjeira ‘Pêra’ no Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n.7, 757-764, 2013b.

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

DUCIC, T., POLLE, A. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 17, 103-112, 2005.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas**. Documentos n. 2. 1997. 26 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de citros para o Estado do Amazonas**. Sistemas de Produção, 3. Manaus, AM. 2006. 54 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações para a produção de citros no Estado do Amazonas**. Documentos, 33. Manaus, AM. 2004. 31 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3a. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

ERNANI P. R.; ALMEIDA J. A.; SANTOS F. C. Potássio. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p. 551-594.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages. 2008. 230 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, 99:345-431, 2008.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; MOREIRA, A. Yield, nutrient uptake and changes in soil chemical properties as influenced by liming and iron application in common bean in a no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.41, p.1740-1749, 2010.

FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v.34, n.3, p.337-342, 2004.

FERNANDES, A. R.; REIS, I. N. R. S.; NORONHA, N. C. Estado nutricional de pomares de laranjeira submetidos a diferentes manejos do solo. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, v.53, n.1, p.52-58, 2010.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M. Alterações químicas temporais nas faixas de adubação e entrelinhas do pomar, nutrição e produção de laranja após calagem superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 689-696, 2008.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê**. 4ª ed. Passo Fundo, RG. Universidade de Passo Fundo. 2008. 733 p.

GOMES, L. S.; MARTINS, C. A. S.; NOGUEIRA, N. O.; LOPES, F. S.; XAVIER, T. M. T.; CARDOSO, L. C. M. Efeito de diferentes valores de pH da solução nutritiva no desenvolvimento de variedades de melão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.73-78, 2011.

HANSCH, R.; MENDEL, R. R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). **Current Opinion in Plant Biology**. 12, 259–266, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE - Estatística da Produção Agrícola em 2014** - Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de abril de 2015.

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

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cm x 200cm.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LUDWIG, F.; KROON, H.; PRINS, H. H. T.; BERENDSE, F. The effect of nutrients and shade on tree–grass interactions on an East African savanna. **Journal of Vegetation Science**, 12, 579–588, 2001.

MAIA, M.A.M.; MARMOS, J.L. **Geodiversidade do Estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010. 275 p.

MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1987. 416p. 375-416.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

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

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – MAPA. **Citrus**. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/citrus>. Acesso em 6 de julho de 2015.

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, n. 1, p. 164-167, 2004.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A.K. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. **Scientia Agrícola**, v.60, p.155-160, 2003.

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

MATTOS JUNIOR, D.; RAMOS, U. M.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, P. R. Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. **Bragantia**, v.69, n.1, p.135-147, 2010.

MATTOS JUNIOR, M.; BOARETTO, R. M.; CORRÊA, E. R. L.; ABREU, M. F.; CARVALHO, S. A. Disponibilidade de boro em substrato para produção de porta-enxertos de citros em fase de sementeira. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.983-989, 2008.

MENDEL, K. Rootstock – scion relationship in Shamouth trees on light soil. **Ktavim**, Rehovot, v. 6, p. 35-60, 1956.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p. 65-90.

MEURER, E. J. Potássio. In: MANILO SILVESTRE, F. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, M. F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. de. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **Centro de Ensino Superior Revista**, Juiz de Fora, v. 24. 2010.

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 de Ciências Agrárias. v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015.

MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, V. G. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 7-12, 2006.

NASCIMENTO, C. W. A.; FONTES, R. L. F.; MELICIO, A. C. F. D. Copper availability as related to soil copper fractions in oxisols under liming. **Scientia Agrícola**, v.60, n.1, p.167-173, 2003.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT L. E.; PARENT, S. E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 1294-1306, 2012.

PAVAN, M. A.; JACOMINO, A. P. Root growth and nutriente contents of citrus rootstocks in an acid soil with varied pH. **Ciência e Cultura**, v.50, p.56-59, 1998.

PRADO, R. DE M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1007-1012, 2004.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 9, n. 3 p. 7-16, 2003.

PRADO, R. M., ROZANE, D. E.; CAMAROTTI, G. S.; CORREIA, M. A. R.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C.; BEUTLER, A. N. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranja Valência, enxertada sobre citrumeleiro Swingle. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 812-817, 2008.

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. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111p.

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

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, O. R. Sweet orange trees grafted on selected rootstocks fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.55-60, 2004.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JUNIOR, C. T. Fruteiras tropicais. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A (ed.). **Micronutrientes, elementos tóxicos e metais pesados na agricultura**. 1ª ed. Jaboticabal: FUNEP, p.459-492, 2001.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; PIZA JUNIOR, C.T. de. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011, 420p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RENDAL, C.; KUSK, K. O.; TRAPP, S. The effect of pH on the uptake and toxicity of the bivalent weak base chloroquine tested on *Salix viminalis* and *Daphnia magna*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 30:354-359, 2011.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5^a Aproximação**. Viçosa, MG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. 1999. 359 p.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8), 2010. 26 p.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; BEUTLER, A. N.; SILVA, S. R.; BARBOSA, J. C. Nitrogênio, fósforo e potássio afetando a nutrição e produção de porta-enxertos de limoeiro Citrumelo Swingle. **Revista Ceres**, v. 54, n. 315, p. 422-429, 2007.

SANTOS, C. H.; GRASSI FILHO, H.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Níveis de alumínio e acúmulo de macronutrientes em porta-enxertos cítricos em cultivo hidropônico. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1165-1175, 1999.

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

SILVA, F. A. S. ASSISTAT: Versão 7.7 beta. DEAG - CTRN - UFCG - Atualizado em 01 de abril de 2015. Disponível em: www.assistat.com/indexp.html. Acessado em: 10 de junho de 2015.

SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; PRADO, R. DE M.; CORREA, M. C. M.; STUCHI, E. S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranjeira ‘Pêra’ em produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, p.606-612, 2007.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas, International Plant Nutrition Institute**, n. 149, p. 10-16, 2015.

SOBRAL, L. F.; CINTRA, F. L. D.; SMYTH, J. T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.836-839, 2009.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do Solo e sua Correção. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p. 205-274.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2008.

SOUZA, L. S.; VIEIRA S. R.; COGO, N. P. Variabilidade dos teores de nutrientes na folha, entre plantas, em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 373-377, 1997.

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. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**. v. 8, n. 4, p. 40-48, 2008.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Ceres, 1975. 464 p

YAMADA, T. **Resistência de plantas a pragas e doenças**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.108, p.1-7, 2004.

ANEXOS

TABELA 1A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de corretivo, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	73
TABELA 2A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de corretivo, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	73
TABELA 3A. Resumo das análises de variância para a altura da planta, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto, diâmetro e volume da copa, aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de corretivo, em Manaus, no período de 2012 a 2014	46
TABELA 4A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de potássio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	45
TABELA 5A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de potássio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	45
TABELA 6A. Resumo das análises de variância para a altura da planta, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto, diâmetro e volume da copa, aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de potássio, em Manaus, no período de 2012 a 2014	46
TABELA 7A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de boro, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	45
TABELA 8A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de boro, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	45
TABELA 9A. Resumo das análises de variância para a altura da planta, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto, diâmetro e volume da copa, aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de boro, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	46
TABELA 10A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de cobre, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	45
TABELA 11A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de cobre, em Manaus, no período de 2012 a 2014.	45
TABELA 12A. Resumo das análises de variância para a altura da planta, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto, diâmetro e volume da copa, aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de cobre, em Manaus, no período de 2012 a 2014	46

TABELA 1A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de corretivo, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação		GL	Quadrado Médio					
			N	P	K	Ca	Mg	S
12 meses								
Reg. Linear	1	0,625ns	0,018ns	0,801ns	17,796ns	1,011**	0,031ns	
Reg. Quadrática	1	24,446ns	0,016ns	10,149**	26,855ns	0,002ns	0,026ns	
Tratamentos	4	17,425	0,022	3,749	13,135	0,256	0,123	
Blocos	3	3,60ns	0,161ns	0,513ns	42,264ns	0,408**	0,163ns	
Resíduo	12	8,392	0,102	0,870	21,437	0,0334	0,187	
CV (%)		9,27	18,44	13,24	17,67	8,81	8,80	
24 meses								
Reg. Linear	1	3,080ns	0,102ns	0,064ns	1,002ns	0,012ns	4,830**	
Reg. Quadrática	1	10,030ns	0,006ns	0,890ns	0,923ns	0,001ns	5,658**	
Tratamentos	4	11,269	0,174	1,134	3,712	0,036	2,678	
Blocos	3	29,270*	0,649**	1,114*	134,550**	0,247*	0,568ns	
Resíduo	12	7,517	0,065	3,082	20,356	0,057	0,463	
CV (%)		9,13	13,14	24,74	11,57	9,92	16,29	
36 meses								
Reg. Linear	1	3,844ns	0,177*	0,023ns	17,543ns	0,041ns	0,726**	
Reg. Quadrática	1	0,411ns	0,085ns	0,235ns	1,811ns	0,204ns	0,100ns	
Tratamentos	4	2,135	0,087	0,095	6,452	0,103	0,225	
Blocos	3	6,916ns	0,175*	10,120**	104,350**	0,080ns	0,936**	
Resíduo	12	3,031	0,032	0,533	5,235	0,138	0,058	
CV (%)		5,95	8,56	10,35	7,02	14,37	5,61	

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

TABELA 2A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de corretivo, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação		GL	Quadrado Médio				
			B	Cu	Fe	Mn	Zn
12 meses							
Reg. Linear	1	10550,803ns	1,112ns	259,539*	49,351ns	14,762ns	
Reg. Quadrática	1	10292,583ns	0,205ns	33,619ns	15,174ns	9,545ns	
Tratamentos	4	18047,387	0,634	122,271	33,457	7,368	
Blocos	3	49573,658*	0,265ns	86,306ns	47,411ns	10,638ns	
Resíduo	12	9459,702	0,745	40,475	28,709	6,829	
CV (%)		29,70	31,47	13,81	24,70	9,90	
24 meses							
Reg. Linear	1	26,814ns	4,796ns	30,660ns	13,771ns	0,784ns	
Reg. Quadrática	1	533,767ns	7,526ns	1,498ns	0,877ns	5,307ns	
Tratamentos	4	189,275	3,304	13,307	4,777	5,387	
Blocos	3	1108,239*	0,225ns	66,002*	5,274ns	69,867**	
Resíduo	12	206,582	1,679	15,042	5,602	7,140	
CV (%)		13,38	29,32	9,02	14,65	12,18	
36 meses							
Regressão linear	1	4,343ns	2,450ns	2,688ns	1,289ns	0,066ns	
Regressão quadrática	1	102,926ns	0,014ns	5,626ns	0,994ns	11,503ns	
Tratamentos	4	132,724	0,723	5,477	3,117	6,755	
Blocos	3	261,645ns	1,712ns	25,015ns	6,851ns	18,146**	
Resíduo	12	128,939	0,554	8,951	2,751	2,747	
CV (%)		14,31	11,19	7,68	11,40	11,84	

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

TABELA 3A. Resumo das análises de variância para a altura da planta (AP), diâmetro do porta-enxerto (DPE) e do enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC), aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de corretivo, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		AP	DPE	DE	DC	VC
12 meses						
Reg. Linear	1	0,283ns	8,172ns	7,194ns	0,027ns	0,376ns
Reg. Quadrática	1	0,001ns	0,332ns	0,175ns	0,051ns	0,356ns
Tratamentos	4	0,016	13,770	7,608	0,022	0,206
Blocos	3	0,017ns	27,553ns	27,105ns	0,120ns	0,636ns
Resíduo	12	0,015	18,384	16,702	0,053	0,401
CV (%)		7,48	9,72	10,62	13,97	26,84
24 meses						
Reg. Linear	1	0,121ns	6,252ns	5,245ns	0,032ns	0,471ns
Reg. Quadrática	1	0,002ns	1,213ns	0,362ns	0,064ns	0,564ns
Tratamentos	4	0,021	9,471	5,410	0,016	0,310
Blocos	3	0,032ns	22,323ns	23,621ns	0,211ns	0,412ns
Resíduo	12	0,021	15,245	11,241	0,096	0,317
CV (%)		6,86	11,82	12,83	12,74	27,10
Regressão linear	1	0,362ns	4,221ns	9,361ns	0,121ns	0,294ns
Regressão quadrática	1	0,031ns	0,921ns	0,412ns	0,031ns	0,694ns
Tratamentos	4	0,127	11,101	8,174	0,481	0,391
Blocos	3	0,029ns	24,394ns	17,269ns	0,328ns	0,584ns
Resíduo	12	0,013	21,212	15,601	0,012	0,691
CV (%)		5,67	13,52	13,18	11,45	25,33

TABELA 4A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de potássio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação		GL	Quadrado Médio					
			N	P	K	Ca	Mg	S
12 meses								
Reg. Linear	1	16,900*	0,064ns	7,328**	196,736**	3,209**	1,362ns	
Reg. Quadrática	1	4,571ns	0,247ns	5,444**	36,596*	0,172ns	1,042ns	
Tratamentos	4	7,625	0,095	3,230	59,093	0,925	0,676	
Blocos	3	7,783ns	0,572**	0,019*	41,360ns	0,093ns	0,229	
Resíduo	12	2,492	0,072	0,360	5,322	0,127	0,519	
CV (%)		5,69	13,02	9,28	7,62	10,05	11,66	
24 meses								
Reg. Linear	1	2,916ns	0,035ns	137,102**	31,595ns	3,249**	0,522ns	
Reg. Quadrática	1	3,601ns	0,582*	1,931ns	129,413*	0,001*	0,354ns	
Tratamentos	4	3,074	0,171	36,912	44,280	0,831	0,475	
Blocos	3	25,796ns	0,716**	16,911*	126,298**	0,191ns	2,596**	
Resíduo	12	7,975	0,120	4,051	14,740	0,206	0,208	
CV (%)		10,90	20,66	19,33	9,25	12,94	12,86	
36 meses								
Reg. Linear	1	21,609**	0,531ns	186,408**	95,728ns	0,091ns	0,062ns	
Reg. Quadrática	1	0,483ns	0,062ns	0,032ns	1253,639*	0,032ns	0,027ns	
Tratamentos	4	6,980	0,167	48,571	440,477	0,038	0,242	
Blocos	3	1,883ns	0,510ns	20,311**	155,037ns	0,373ns	0,299ns	
Resíduo	12	0,760	0,154	2,066	223,074	0,145	0,168	
CV (%)		3,14	15,77	13,95	32,28	9,71	11,40	

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

TABELA 5A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de potássio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação		GL	Quadrado Médio				
			B	Cu	Fe	Mn	Zn
12 meses							
Reg. Linear	1	2535,101ns	6,823ns	10,743ns	5,048ns	3,788ns	
Reg. Quadrática	1	518,625ns	1,059ns	45,992ns	6,699ns	10,380ns	
Tratamentos	4	2634,377	2,049	15,774	4,308	4,982	
Blocos	3	7611,3101**	1,893ns	180,801ns	3,635ns	0,534ns	
Resíduo	12	1248,678	1,672	120,490	3,350	4,719	
CV (%)		15,51	35,31	19,73	14,27	10,66	
24 meses							
Reg. Linear	1	455,085ns	4,429ns	33,142ns	0,864ns	34,614**	
Reg. Quadrática	1	267,531ns	4,120ns	138,066ns	23,091*	4,296ns	
Tratamentos	4	334,852	2,495	184,807	8,245	11,158	
Blocos	3	3144,291**	1,302ns	1044,906**	18,115ns	3,718ns	
Resíduo	12	198,499	2,413	97,712	3,941	2,239	
CV (%)		14,31	26,65	17,46	13,83	8,48	
36 meses							
Regressão linear	1	111,890ns	16,680*	555,099**	3,364ns	1,129ns	
Regressão quadrática	1	12,220ns	2,662ns	208,710ns	1,048ns	1,466ns	
Tratamentos	4	160,844	5,343	194,388	2,129	1,121	
Blocos	3	3,036*	3,127ns	69,480ns	2,378ns	4,962ns	
Resíduo	12	90,727	3,023	44,040	5,359	1,424	
CV (%)		11,59	22,51	14,42	17,83	8,36	

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

TABELA 6A. Resumo das análises de variância para a altura da planta (AP), diâmetro do porta-enxerto (DPE) e do enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC), aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de potássio, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		AP	DPE	DE	DC	VC
12 meses						
Reg. Linear	1	0,899**	210,803**	129,001**	0,280*	6,144**
Reg. Quadrática	1	0,283**	70,306*	53,913*	0,366**	4,693*
Tratamentos	4	0,299	75,774	49,318	0,256	3,715
Blocos	3	0,022ns	19,573ns	17,571ns	0,024ns	0,317ns
Resíduo	12	0,015	14,420	10,008	0,031	0,554
CV (%)		7,02	8,27	7,97	10,56	26,86
24 meses						
Reg. Linear	1	0,654*	192,247*	101,478*	0,584*	4,364*
Reg. Quadrática	1	0,352**	57,245**	66,358**	0,471*	3,774*
Tratamentos	4	0,361	68,214	35,698	0,345	2,641
Blocos	3	0,047ns	22,341ns	12,357ns	0,036ns	0,415ns
Resíduo	12	0,027	11,245	12,374	0,0561	0,245
CV (%)		9,71	10,56	9,75	12,36	22,78
36 meses						
Regressão linear	1	0,784**	154,669**	112,011**	0,969**	7,541*
Regressão quadrática	1	0,978**	63,332**	57,551**	0,685**	5,853*
Tratamentos	4	0,597	58,664	46,552	0,336	4,362
Blocos	3	0,364ns	18,451ns	14,281ns	0,074ns	0,601ns
Resíduo	12	0,031	13,220	11,210	0,068	0,363
CV (%)		8,24	7,47	11,47	9,47	24,49

TABELA 7A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de boro, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
12 meses							
Reg. Linear	1	0,400**	1,739ns	0,048ns	0,773ns	0,125ns	0,269ns
Reg. Quadrática	1	0,001ns	0,112ns	0,667ns	2,419ns	0,030ns	0,318ns
Tratamentos	4	1,950	0,543	0,394	2,180	0,042	0,596
Blocos	3	5,650ns	0,147ns	0,040ns	2,544ns	0,180ns	0,437ns
Resíduo	12	2,150	0,450	0,232	2,664	0,068	0,670
CV (%)		5,03	22,91	7,56	4,59	7,19	12,58
24 meses							
Reg. Linear	1	0,420ns	0,015ns	27,839ns	9,643ns	0,151ns	4,720*
Reg. Quadrática	1	0,850ns	0,002ns	10,432ns	87,500ns	0,297ns	0,128ns
Tratamentos	4	0,944	0,033	9,976	30,767	0,213	1,368
Blocos	3	7,871ns	0,052ns	1,278	3,673ns	0,042ns	0,890ns
Resíduo	12	7,981	0,263	10,270	39,058	0,213	0,913
CV (%)		10,17	20,51	44,88	13,91	12,81	32,60
36 meses							
Reg. Linear	1	0,441ns	0,234ns	3,381ns	65,178ns	0,882ns	0,536ns
Reg. Quadrática	1	0,686ns	0,154ns	1,869ns	79,874ns	0,190ns	0,005ns
Tratamentos	4	0,577	0,277	2,289	37,166	0,359	0,189
Blocos	3	2,778ns	0,051*	1,189ns	5,281ns	0,099ns	0,035ns
Resíduo	12	3,414	0,820	1,519	26,535	0,242	0,285
CV (%)		6,35	26,23	16,44	11,17	12,01	13,43

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

TABELA 8A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de boro, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
12 meses						
Reg. Linear	1	211880,047**	0,024ns	457,449**	3,153ns	3,080ns
Reg. Quadrática	1	6676,925ns	0,248ns	11,859ns	0,256ns	0,017ns
Tratamentos	4	60303,881	0,103	126,801	2,489	0,828
Blocos	3	16326,523ns	0,476ns	18,741ns	2,427ns	4,412ns
Resíduo	12	8539,821	1,114	34,429	1,429	8,828
CV (%)		41,05	30,42	13,73	9,35	14,80
36 meses						
Reg. Linear	1	22090,470**	6,288**	46,613ns	6,154ns	3,758ns
Reg. Quadrática	1	56,381ns	1,786ns	4,921ns	1,840ns	11,850ns
Tratamentos	4	6139,707	2,545	17,228	4,344	7,125
Blocos	3	1777,608ns	0,667ns	83,152*	5,392ns	9,754ns
Resíduo	12	939,837	0,446	22,840	6,020	7,131
CV (%)		24,14	10,42	10,51	16,92	14,69
24 meses						
Regressão linear	1	5305,191**	0,007ns	3481,583ns	19,600ns	0,279ns
Regressão quadrática	1	798,186ns	0,156ns	1588,554ns	17,028ns	0,161ns
Tratamentos	4	2204,473	0,624	1462,190	9,560	0,269
Blocos	3	943,758ns	0,109ns	1015,817ns	0,348*	2,850ns
Resíduo	12	317,527	0,450	1106,636	6,426	2,380
CV (%)		14,60	9,70	52,40	18,51	10,80

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

TABELA 9A. Resumo das análises de variância para a altura da planta (AP), diâmetro do porta-enxerto (DPE) e do enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC), aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de boro, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		AP	DPE	DE	DC	VC
12 meses						
Reg. Linear	1	0,011ns	0,016*	0,008*	0,002ns	0,106ns
Reg. Quadrática	1	0,040*	38,878ns	45,468ns	0,001ns	0,167ns
Tratamentos	4	0,013	13,682	15,543	0,025	0,414
Blocos	3	0,001ns	11,746ns	9,924ns	0,004ns	0,048ns
Resíduo	12	0,008	20,234	20,392	0,016	0,326
CV (%)		4,84	9,20	10,66	6,76	17,15
24 meses						
Reg. Linear	1	0,082ns	0,590ns	0,024ns	0,031ns	0,124ns
Reg. Quadrática	1	0,028**	15,256**	26,352**	0,002ns	0,256ns
Tratamentos	4	0,033	10,632	12,751	0,012	0,512
Blocos	3	0,003	9,254ns	7,325ns	0,007ns	0,072ns
Resíduo	12	0,002	15,458	15,352	0,025	0,428
CV (%)		6,89	11,24	12,25	8,57	15,47
36 meses						
Regressão linear	1	0,025ns	0,023ns	0,006ns	0,011ns	0,230ns
Regressão quadrática	1	0,316**	23,654*	22,362*	0,021ns	0,352ns
Tratamentos	4	0,045	12,552	14,221	0,038	0,335
Blocos	3	0,002ns	10,335ns	10,286ns	0,003ns	0,055ns
Resíduo	12	0,001	17,255	17,582	0,003	0,369
CV (%)			10,32	9,48	9,61	21,43

TABELA 10A. Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de cobre, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

2012 e 2014							
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
12 meses							
Reg. Linear	1	8,100ns	2,852*	6,659ns	0,003*	0,001ns	3,221*
Reg. Quadrática	1	1,786ns	0,034ns	1,466ns	0,072ns	0,191ns	1,269ns
Tratamentos	4	3,700	0,788	14,088	2,541	0,057	1,190
Blocos	3	4,983ns	0,234ns	0,455ns	2,01ns	0,157ns	0,738ns
Resíduo	12	1,733	0,396	3,914	5,652	0,184	0,473
CV (%)		4,30	27,94	23,15	7,69	11,95	10,44
24 meses							
Reg. Linear	1	1,482ns	0,004ns	22,365ns	2,158ns	0,085ns	1,257ns
Reg. Quadrática	1	0,754ns	0,030ns	2,164ns	9,570ns	0,425ns	0,302ns
Tratamentos	4	2,517	0,066	11,319	4,237	0,169	0,419
Blocos	3	3,017ns	0,047ns	7,726ns	9,300ns	0,034ns	0,288ns
Resíduo	12	14,254	0,168	23,681	35,706	0,355	0,601
CV (%)		14,02	23,96	51,70	13,63	14,72	24,19
36 meses							
Reg. Linear	1	0,900ns	0,036ns	39,581ns	0,005*	0,939ns	1,149*
Reg. Quadrática	1	0,003*	0,005ns	3,455ns	84,427ns	0,182ns	0,194ns
Tratamentos	4	0,927	0,170	12,487	31,310	0,299	0,343
Blocos	3	6,483ns	0,061ns	4,628ns	15,304ns	0,259ns	0,302ns
Resíduo	12	9,017	0,469	8,540	40,696	0,421	0,179
CV (%)		10,58	24,68	27,65	15,68	14,77	10,76

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

TABELA 11A. Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de cobre, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

2012 a 2014						
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
12 meses						
Reg. Linear	1	9367,578ns	0,027ns	1377,689**	1,739ns	2,730ns
Reg. Quadrática	1	9048,249ns	0,070ns	1030,372**	1,485ns	0,804ns
Tratamentos	4	6670,991	0,199	717,792	1,501	1,408
Blocos	3	3262,224ns	0,412ns	106,112ns	3,645ns	18,224*
Resíduo	12	4332,245	0,423	93,540	2,915	4,657
CV (%)		26,37	15,83	22,67	14,53	10,30
24 meses						
Reg. Linear	1	174,264ns	1,923ns	39,105ns	4,180ns	0,081ns
Reg. Quadrática	1	168,260ns	0,099ns	23,284ns	1,906ns	0,034ns
Tratamentos	4	116,053	0,592	19,155	3,167	1,528
Blocos	3	35,225ns	0,332ns	35,326ns	2,080ns	1,669ns
Resíduo	12	205,303	0,897	23,622	11,011	6,881
CV (%)		15,29	15,63	9,55	22,86	15,31
36 meses						
Regressão linear	1	34,206ns	5,027ns	67,055ns	0,001*	2,125ns
Regressão quadrática	1	379,653ns	8,737ns	1,067ns	13,475ns	0,004*
Tratamentos	4	298,018	4,746	30,133	4,741	0,957
Blocos	3	391,168ns	2,951ns	655,558ns	5,724ns	2,646ns
Resíduo	12	279,174	2,431	408,466	13,315	5,799
CV (%)		17,20	21,15	29,85	28,56	17,22

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

TABELA 12A. Resumo das análises de variância para a altura da planta (AP), diâmetro do porta-enxerto (DPE) e do enxerto (DE), diâmetro (DC) e volume da copa (VC), aos 12, 24 e 36 meses de condução em função das doses de cobre, em Manaus, no período de 2012 a 2014.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		AP	DPE	DE	DC	VC
12 meses						
Reg. Linear	1	0,003ns	15,671ns	29,110ns	0,036ns	0,122ns
Reg. Quadrática	1	0,004ns	0,171ns	0,002*	0,002ns	0,044ns
Tratamentos	4	0,002	5,388	10,835	0,023	0,194
Blocos	3	0,029ns	23,535ns	30,190ns	0,094ns	1,677ns
Resíduo	12	0,023	16,436	16,156	0,061	1,051
CV (%)		8,37	8,60	9,98	13,36	30,93
24 meses						
Reg. Linear	1	0,052ns	11,561ns	22,560ns	0,008ns	0,252ns
Reg. Quadrática	1	0,014ns	0,282ns	0,043ns	0,045ns	0,032ns
Tratamentos	4	0,012	3,849	13,285	0,042	0,151
Blocos	3	0,129ns	15,855ns	25,358ns	0,065ns	1,252ns
Resíduo	12	0,052	14,625	12,156	0,085	1,203
CV (%)		11,52	10,23	9,12	9,75	17,54
36 meses						
Regressão linear	1	0,125ns	12,252ns	24,128ns	0,063ns	0,145*
Regressão quadrática	1	0,085*	0,354ns	0,0856ns	0,089ns	0,054ns
Tratamentos	4	0,032	4,563	9,241	0,036	0,127
Blocos	3	0,113ns	17,758ns	27,795ns	0,085ns	1,394ns
Resíduo	12	0,035	11,645	13,562	0,045	1,427
CV (%)		13,78	9,68	13,25	10,72	21,26