

INSTITUTO AGRONÔMICO

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL E SUBTROPICAL**

**INTERAÇÕES ENTRE FONTES DE FERRO E COBRE NO
DESENVOLVIMENTO DE PORTA-ENXERTOS
CITRICOS PRODUZIDOS EM SUBSTRATO**

RAFAEL AUGUSTO FADEL BORDIGNON

Orientador: Dr. Pedro Roberto Furlani

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de **Mestre**
em Agricultura Tropical e Subtropical
Área de Concentração em Tecnologia de
Produção Agrícola

Campinas, SP
Abril 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ficha elaborada pela bibliotecária do Núcleo de Informação e Documentação do Instituto Agrônômico

B729i Bordignon, Rafael Augusto Fadel
Interações entre fontes de ferro e cobre no desenvolvimento de porta-
enxertos cítricos produzidos em substrato / Rafael Augusto Fadel
Bordignon. Campinas, 2008.
36 fls

Orientador: Dr. Pedro Roberto Furlani
Dissertação (Mestrado) – Concentração em Tecnologia e Produção
Agrícola – Instituto Agrônômico

1. Produção de frutas cítricas 2. Micronutrientes I. Furlani, Pedro
Roberto II. Título

CDD 634.3



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA
DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO AGRONÔMICO
Pós-Graduação
Av. Barão de Itapira 1481 Caixa Postal 28
13001-970 Campinas, SP - Brasil
(019) 3231-5422 ramal 194
pgiac@iac.sp.gov.br



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO
AGRICULTURA TROPICAL E SUBTROPICAL

TÍTULO: Fontes de ferro e cobre no desenvolvimento de porta-enxertos cítricos produzidos em substrato

Aluno(a): **Rafael Augusto Fadel Bordignon**
Processo SAA nº. **12136/06**

Orientador(a): **Pedro Roberto Furlani**

Aprovado pela Banca Examinadora:

Dr.(a) Pedro Roberto Furlani - IAC

Dr.(a) Roberto Lyra Villas Bôas - UNESP

Dr.(a) Dirceu de Mattos Júnior - IAC

Campinas, 25 de abril de 2008

Visto:

Suelli dos Santos Freitas
Vice - Coordenadora
Pós - Graduação IAC

Aos meus pais
Angela e José Paulo,
DEDICO

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Ferro	04
2.2 Cobre	06
2.3 Porta enxertos cítricos	08
3 MATERIAL E MÉTODOS	09
3.1 Material vegetal	10
3.2 Aplicação dos nutrientes	10
3.3 Experimento – primeira fase, semeadura até transplantio	11
3.4 Experimento – segunda fase, do transplantio até enxertia	13
3.5 Variáveis biométricas	14
3.6 Análises químicas	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Primeira fase	15
4.2 Diâmetro do caule	15
4.3 Altura dos porta-enxertos	16
4.4 Massa seca: parte aérea	18
4.5 Massa seca: sistema radicular	19
4.6 Estado nutricional das plantas	19
4.7 Segunda fase	21
4.8 Diâmetro do caule	22
4.9 Altura dos porta-enxertos	22
4.10 Massa seca: parte aérea	23
4.11 Massa seca: sistema radicular	24
4.12 Condições nutricionais	24
5 CONCLUSÕES	26
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
7 ANEXOS	31

AGRADECIMENTOS

- Ao pesquisador, amigo e orientador Dr. Pedro Roberto Furlani pela confiança, atenção, paciência e ensinamentos transmitidos durante a realização deste trabalho;
- Ao pesquisador Dr. Dirceu de Mattos Junior, pela amizade, auxílio, atenção e conhecimentos transmitidos;
- Ao Engenheiro Agrônomo Christiano Cesar Dibbern Graf, proprietário e diretor presidente da Citrograf Mudas, pela confiança, amizade, ensinamentos transmitidos, apoio financeiro e área do viveiro para condução do experimento;
- Ao Engenheiro Agrônomo Marcelo Zanetti pela confiança, amizade, apoio e ensinamentos transmitidos quando na Citrograf Mudas;
- Ao Engenheiro Agrônomo Rafael Fernandes de Oliveira pela confiança e amizade na Citrograf Mudas;
- Aos professores da Pós Graduação pelos conhecimentos transmitidos nas disciplinas;
- Aos funcionários da Citrograf Mudas Tatiane, Jussara, Zenaide, Vanessa, Alessandra e Cleber pelo apoio amizade;
- Aos funcionários da produção da Citrograf Mudas Fátima, André Rodrigues, André Prado, Marcus, Fabio, Jerry, Daniel, Cida, Neusa, Clarinda, Rose e Wellington pelo apoio, amizade, ensinamentos e auxílio na condução do experimento;
- Aos colegas da Pós Graduação pelo convívio e amizade;
- A minha namorada Adriana pela paciência, apoio, carinho e companheirismo;
- A minha irmã Patrícia pela paciência e companheirismo;
- Aos amigos de Conchal pelo apoio e amizade;
- A todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

BORDIGNON, Rafael Augusto Fadel. **Interações entre fontes de ferro e cobre no desenvolvimento de porta-enxertos cítricos produzidos em substrato**. 2008. 36f Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação –IAC.

RESUMO

O uso de mudas sadias, vigorosas e com um sistema radicular bem desenvolvido é a base para um pomar produtivo. A produção de mudas cítricas no estado de São Paulo ocorre obrigatoriamente em viveiros telados desde 2003, onde as mudas são produzidas em recipientes com substrato. Isto tornou necessárias adaptações em todo o sistema produtivo. O manejo da nutrição das plantas em viveiros, principalmente para fornecimento de micronutrientes, ainda precisa de informações. O presente trabalho foi conduzido no viveiro da CITROGRAF, Conchal-SP, com o objetivo de avaliar fontes para fornecimento dos micronutrientes Fe e Cu para as plantas, concentrações de Cu e interações entre estes elementos. O experimento foi conduzido em duas fases: a primeira da sementeira até o de transplantio, e a segunda do transplantio até a enxertia. Foram utilizadas plantas dos porta-enxertos de ‘Cravo’ e ‘Sunki’, que foram desenvolvidas em substrato, e fertirrigadas com soluções nutritivas contendo combinações de duas fontes de Fe (Fe-EDTA e Fe-citrato), a $2,0\text{mg.L}^{-1}$, e duas fontes de Cu (Cu-EDTA e sulfato de cobre), nas concentrações de 0; 2,5; 5,0 e $7,5\text{ mg.L}^{-1}$, aplicados com uma solução padrão de nutrientes composta de (mg.L^{-1}) N-NO₃ (202), N-NH₄ (15), P (16), K (185), Mg (30), S (20), Mn (0,55), Zn (0,21) e Mo (0,004), com pH 5,8 e EC $2,00\text{ dS.m}^{-1}$. A aplicação de Fe na forma de Fe-EDTA apresentou melhores resultados em relação ao Fe-citrato, para os dois porta-enxertos avaliados, na primeira fase, pois as plantas apresentaram sintomas de deficiência de Fe nos tratamentos com uso de Fe-citrato. A concentração de 2 mg.L^{-1} supriu a demanda de Fe do ‘Cravo’, mas não da ‘Sunki’. A concentração de $7,5\text{ mg.L}^{-1}$ de Cu, independente da fonte, diminuiu o vigor das plantas. Na segunda fase, o uso de 2 mg.L^{-1} de Fe supriu as necessidades das plantas. Nos tratamentos com 0 e $2,5\text{ mg.L}^{-1}$ de Cu houve redução na altura dos porta-enxertos de ‘Cravo’ e ‘Sunki’, além de sintomas típicos de deficiência de Cu para o porta-enxerto de ‘Cravo’.

Palavras-Chave: produção de mudas cítricas, fertirrigação, micronutrientes, quelato, limão ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), tangerina ‘Sunki’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex. Tanaka].

BORDIGNON, Rafael Augusto Fadel. **Interactions between iron and copper sources in development of citric rootstocks produced in substrate.** 2008. 36f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação – IAC.

ABSTRACT

The use of healthy, vigorous nursery trees, with a well developed root system is the base for a productive orchard. The production of citrus nursery trees in São Paulo State is obligatorily in screen-protected nurseries, since 2003, where the plants are produced in containers with substrate, and became necessary adaptations in the productive system. The nutrition of plants in nurseries, mainly for supply of micronutrients, still needs information. The present work was carried out at the citrus nursery of CITROGRAF, Conchal-SP, in two phases: the first one of the sowing to transplant, and second phase from transplant to graft. Plants of the rootstocks 'Rangpur' lime and 'Sunki' mandarin were grown in substrates and fertirrigated with nutrient solutions containing a combinations of two sources of Fe (Fe-EDTA and Fe-citrate) at 2,0 mg.L⁻¹, and two sources of Cu (Cu-EDTA and copper sulphate), at the concentrations of 0; 2,5; 5,0 and 7,5 mg.L⁻¹, applied with a standard nutrient solution of nutrients composed of (mg.L⁻¹) N-NO₃ (202), N-NH₄ (15), P (16), K (185), Mg (30), S (20), Mn (0,55), Zn (0,21) and Mo (0,004) with pH of 5,8 and EC of 2,00 dS.m⁻¹. The application of Fe in form of Fe-EDTA presented better results in relation to Fe-Citrate, for the both rootstocks evaluated in the first phase, because the plants shown Fe deficiency symptoms in the treatments with Fe-citrate. The concentration of 2 mg.L⁻¹ supplied the Fe demand of 'Rangpur' lime, but not for 'Sunki' mandarin. The concentration of 7,5 mg.L⁻¹ of Cu, independently of the source used, reduced the plant growth. In the second phase, the use of 2 mg.L⁻¹ of Fe supplied Fe demand of the two rootstocks in all treatments. For all treatments with 2,5 mg.L⁻¹ of Cu, occurred reduction in the height of rootstocks, and typical symptoms of Cu deficiency on plants of 'Rangpur' lime.

Key-Words: citrus nursery trees production, fertigation, micronutrients, chelate, 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* Osbeck), 'Sunki' mandarin [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex. Tanaka].

1 INTRODUÇÃO

Segundo CARVALHO et al. (2005), a muda é considerada a base da citricultura, sendo a qualidade genética e sanitária importantes para o início de um empreendimento de sucesso. Da mesma forma que uma muda de boa qualidade se constitui em um dos principais alicerces da citricultura, uma muda ruim pode fadar o citricultor à inviabilidade do negócio. O antigo sistema de produção de mudas do Estado de São Paulo, conhecido como de céu aberto, se mostrava vulnerável ao ataque de pragas e doenças, caracterizando-se, assim, como uma forma de fácil disseminação das mesmas.

Hoje o Brasil é o maior produtor mundial de citros, detendo cerca de 34% da produção mundial de frutos (FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO, 2003), com uma área cultivada de 820 mil hectares, 77% dos quais na região Sudeste. A laranja representa 49% de toda a produção brasileira de frutas (FUNDECITRUS, 2008).

A expansão da citricultura no Brasil vem acontecendo com base nas exportações de suco concentrado congelado de laranja, ocasionando também aumento de plantios de variedades destinadas a industrialização, especialmente laranjas doces, principalmente no Estado de São Paulo (FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO, 2003).

O sistema citrícola representa 1,87% da pauta total de exportações brasileiras e 4,47% das exportações de produtos do *agribusiness*. A principal comercialização no mercado internacional é a do suco de laranja concentrado congelado, que representa 72% do valor dessas exportações. Para o Estado de São Paulo, que exporta 95% da produção de suco de laranja, a importância é maior. O suco de laranja concentrado congelado ocupou em 2003 a segunda posição entre os produtos comercializados no mercado internacional, ficou logo atrás das exportações de aviões. (FUNDECITRUS, 2008).

A citricultura é a segunda atividade rural em importância no Estado de São Paulo, menor apenas que a cana-de-açúcar. Em muitas cidades, o setor representa a base quase total da economia. Segundo resultados obtidos pelo mapeamento desenvolvido pelo PENSA - Programa de Estudos dos Negócios do Sistema Agroindustrial da Universidade de São Paulo (USP), com o apoio do Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), o setor movimentou US\$ 3,23 bilhões em 2003 (FUNDECITRUS, 2008).

Devido às características do agronegócio citrícola, muitas doenças se propagaram pelas áreas de produção no Estado de São Paulo, sendo que algumas delas, como a tristeza dos citros, dizimaram grandes áreas de produção. Isso proporcionou

mudanças na citricultura paulista, como a substituição do principal porta enxerto utilizado até 1937, a laranja ‘Azeda’, susceptível a tristeza dos citros, pelo limoeiro ‘Cravo’, que confere a planta tolerância a esta doença, e também resistência à seca.

O aparecimento da morte súbita dos citros (MSC) em 1999 proporcionou a necessidade de uma diversificação dos porta-enxertos utilizados na citricultura, visto que o limoeiro ‘Cravo’, porta-enxerto utilizado em aproximadamente 85% dos pomares de citros de São Paulo e Minas Gerais, é susceptível a MSC. Com isso, houve aumento na demanda de produção de mudas em outros porta-enxertos, o que dificulta ainda mais o manejo nutricional, já que diferentes variedades de porta-enxerto podem responder de diferentes maneiras a um mesmo manejo nutricional.

Desde janeiro de 2003, no Brasil, a produção de mudas cítricas deve ocorrer obrigatoriamente em viveiros telados, com o objetivo de evitar disseminação de doenças como a clorose variegada dos citros (CVC), causada pela bactéria *Xylella fastidiosa*, e mais recentemente o greening ou HLB, doença causada pela bactéria *Candidatus Liberibacter spp.*, transmitida também por insetos vetores, neste caso um psílido, a *Diaphorina citri*, pois o sistema de produção de mudas já esta totalmente adaptado para a produção protegida desta doença.

Junto com a produção em viveiros telados, veio a obrigatoriedade no uso de substratos, visando controlar a ocorrência de fungos do solo, do gênero *Phytophthora*, e de nematóides dos citros (*Tylenchulus sp.* e *Pratylenchus sp.*). Isso promoveu a necessidade de estudos para o fornecimento de nutrientes, uma vez que, a reserva de nutrientes em substratos é baixa e os programas de adubação de mudas de chão não se aplicam a mudas confinadas em ambiente protegido e em recipientes com substratos. O fornecimento de nutrientes durante as várias fases de desenvolvimento de mudas cítricas é realizado através da fertirrigação com soluções nutritivas na grande maioria dos viveiros. Diversas formulações em macronutrientes via soluções nutritivas tem sido empregadas com sucesso na fertirrigação de mudas cítricas crescidas em substratos. Entretanto, para os micronutrientes, excessos de B e deficiências de Fe e de Cu constituem os principais desafios para a obtenção de uma nutrição mineral equilibrada das plantas. Alguns viveiros ainda utilizam outras formas de nutrição de mudas, como os adubos de liberação lenta, que liberam os nutrientes gradativamente durante o ciclo de produção da muda, e em poucos casos o uso de sais aplicados diretamente no substrato. Os problemas de deficiência de Fe e Cu também são freqüentes com o uso destas outras formas de nutrição.

A ocorrência de deficiências de Fe em viveiros pode estar relacionada principalmente à fonte utilizada para o fornecimento deste nutriente, e também a fonte utilizada para fornecimento de outros micronutrientes, como o Cu, Zn e Mn. O uso de micronutrientes quelatizados na formulação de soluções nutritivas vem aumentando, mas se não for bem planejada, a utilização de alguns produtos pode promover interações entre eles que acabem por indisponibilizar alguns micronutrientes. Quando é utilizado apenas o Fe na forma de quelato, deficiências de Fe podem ocorrer devido a preferência do agente quelatizante por outros elementos, como o Cu por exemplo.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo avaliar o desenvolvimento e estado nutricional de plantas cítricas em viveiros telados e possíveis interações entre fontes de ferro e cobre, fornecidos via fertirrigação, além de estabelecer faixa adequada de concentração de Cu na solução de fertirrigação para um bom desenvolvimento de plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As práticas adotadas em um viveiro visam proporcionar às plantas o máximo desenvolvimento, e conseqüentemente, a menor permanência possível dentro da estrutura destinada à sua produção. Para a adubação, o máximo de crescimento é obtido em função de doses de fertilizantes pré-determinadas de forma empírica, muitas vezes, com quantidades que são aplicadas em excesso (BERNARDI, 1999). Porém, há certa escassez de informações com relação à parte nutricional para que auxiliem e atendam as necessidades dos viveiristas.

A maioria dos trabalhos desenvolvidos sobre nutrição de mudas cítricas envolvem principalmente avaliações de macronutrientes, como N, P, K etc.. Os trabalhos envolvendo micronutrientes ainda são poucos, e necessários para aprimorar o uso da fertirrigação de mudas nos viveiros telados de citros.

Ao avaliar diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e mudas de laranja ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’, BERNARDI (1999) concluiu que doses excessivas de N (16,25 e 21,25 g.planta⁻¹) limitam a fotossíntese das plantas. Doses intermediárias de K (3,75, 6,22 e 9,34

g.planta⁻¹) se mostraram benéficas às plantas tanto para parâmetros biométricos quanto para fisiológicos. O P não apresentou correlação com os fatores analisados.

Na produção de limoeiro ‘Cravo’ em diferentes substratos e teores de fertilização de liberação controlada (14% N, 14% P e 14% K) nas doses de 5, 10, 15, 20 e 25 g.planta⁻¹, SERRANO (2003) concluiu que a dose de 5 g.planta⁻¹ é indicada para o substrato à base de casca de *Pinus*, para o período do transplantio dos porta-enxertos dos tubetes para as sacolas até a enxertia. Os incrementos nas doses não promoveram aumentos na altura, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

FRANCESCATO (1995) ao trabalhar com diferentes substratos, lâminas de irrigação e utilização de fertilizantes de liberação controlada para o desenvolvimento de ‘Cravo’, avaliou a aplicação deste tipo de adubo na dose 3 kg.m⁻³ como benéfica às plantas quanto as características: comprimento e volume de raízes e altura das plantas.

Ao comparar dois sistemas de fornecimento de nutrientes às mudas cítricas, a fertirrigação e a liberação controlada, BOAVENTURA (2003) afirmou que o primeiro é mais adequado em relação ao segundo devido, principalmente, à maleabilidade das quantidades disponibilizadas para a absorção e da frequência de aplicação.

As doses de adubos de liberação controlada recomendadas são, normalmente, maiores que as demandas nutricionais das plantas cultivadas em substratos (BOAVENTURA, 2003). Acrescentando-se às altas temperaturas observadas no interior das estufas, bem como o fornecimento constante de água, tem-se que a liberação dos nutrientes por parte deste tipo de fertilizante ocorre rapidamente, causando sua excessiva disponibilidade nos primeiros estágios de desenvolvimento da muda. Desta forma, há perdas significativas de nutrientes pela lixiviação, em decorrência dos altos volumes de água aplicados e a baixa capacidade de troca catiônica dos substratos, bem como acidificação do meio, e levando à indisponibilidade de alguns elementos (BOAVENTURA, 2003).

Posteriormente, nos estádios finais de desenvolvimento das mudas, a rápida exaustão dos fertilizantes de liberação controlada acarreta deficiências, obrigando os viveiristas a complementarem a adubação das mudas, principalmente após a enxertia das plantas (BOAVENTURA, 2003).

2.1 Ferro

O micronutriente ferro apresenta alguns problemas para seu manejo em substratos cultiváveis em viveiros telados para a produção de mudas cítricas. É comum a ocorrência de deficiências de Fe. A deficiência de Fe em plantas cítricas normalmente está associada a fatores que determinam sua disponibilidade, como desbalanço nutricional, excesso de umidade e alteração do pH da solução de fertirrigação e do substrato.

Os sintomas de deficiência de ferro são visualizados inicialmente em folhas novas, pois o Fe é um nutriente pouco móvel no floema, com uma clorose generalizada da lâmina foliar na forma de um reticulado fino, mas com as nervuras verdes. Pode evoluir para folhas totalmente amareladas, com ou sem nervuras verdes, podendo ocorrer queimaduras nas margens ou na extremidade da lâmina foliar. Seca dos ramos e galhos podem ocorrer em situações de extrema deficiência.

Algumas das principais funções do Fe na planta são como componente estrutural da Fe-porfirina, requerida para síntese de clorofila, aumento do conteúdo de ferredoxina e a atividade da redutase de nitrato [(BASIOUNY & BIGGS, 1976, ALCARAZ et al., 1986), in MATTOS JUNIOR et al., 2005].

Na Flórida os sintomas de deficiência de Fe são muito comuns em pomares de citros. Solos arenosos e ácidos têm mostrado a deficiência de Fe como resultado de um excesso de Cu, resultante de aplicações foliares e via adubação (ALVA, 1992).

Nos viveiros de citros, embora os substratos comerciais apresentem, freqüentemente, teores totais de Fe elevados, a aplicação de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na forma de carbonatos e de nitrato de cálcio podem elevar significativamente o pH do substrato e diminuir a disponibilidade dos nutrientes metálicos, motivo pelo qual a deficiência de Fe em mudas de citros vem sendo constatada (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

A eficácia de quelatos para fornecimento de ferro também depende do tipo de agente quelatizante, da área superficial específica do solo, do pH e da habilidade da planta retirar o micronutriente do agente quelatizante (LUCENA et al., 1992).

Normalmente os quelatos de ferro são adicionados a substratos com pH baixo, e a baixa capacidade tamponante dos quelatos implica na falta de eficiência. Estudos mostram que a estabilidade dos quelatos de ferro em função do pH não é o único parâmetro que deve ser considerado para avaliar o potencial de efetividade dos quelatos

de ferro para corrigir a deficiência desse nutriente em plantas cultivadas (GARCIA-MINA et al., 2003).

O modo mais comum e efetivo para reverter a deficiência desse nutriente em plantas cítricas é o uso de quelatos de Fe. Alguns deles contêm o mesmo agente quelante, mas sua eficácia em resolver a deficiência em condições de campo pode ser bem diferente (LUCENA et al., 1992), principalmente em função da diferença no teor de Fe quelatado disponível no quelato em relação ao ferro total declarado pelo fabricante (CANTERA et al., 2002; HERNÁNDEZ-APAOLAZA et al., 2000).

Como alternativa, outras formas inorgânicas de Fe podem ser utilizadas, tais como sulfato ferroso (FeSO_4) e cloreto férrico (FeCl_3). No entanto, devido à facilidade de se complexar com outros elementos, principalmente com o PO_4 , o Fe pode formar complexos e precipitar-se facilmente na solução nutritiva, com isso reduzindo sua concentração e disponibilidade para plantas, induzindo deficiências. Em função disso, complexantes como o ácido cítrico e substâncias húmicas como ácido húmico são avaliados para minimizar esses problemas, buscando a utilização dessas fontes de Fe (FERRAREZI et al., 2007).

2.2 Cobre

O micronutriente cobre também apresenta problemas para seu correto manejo em substratos cultiváveis. A deficiência de Cu nas plantas cítricas pode estar ligada a fatores como o desbalanço nutricional.

Os sintomas de Cu são visualizados inicialmente no ápice das mudas em desenvolvimento, com uma clorose das folhas novas, que podem evoluir para folhas totalmente necrosadas e morte do meristema apical, e formação de 'bolsas' no caule das plantas (hastes e ramos), com exudação de goma. A morte do meristema apical provoca a quebra da dominância apical, resultando em brotações laterais excessivas,

Em citros, a deficiência de cobre ocorre geralmente em plantas muito vigorosas, excessivamente adubadas com nitrogênio, razão pela qual o sintoma é também conhecido como amonificação. As folhas têm coloração verde-escura, com limbo muito grande e geralmente estão em ramos muito longos. Às vezes ocorre a exsudação de gomas em ramos novos e nos frutos, cuja casca se torna escura e racha facilmente (JONES & SMITH, 1964).

A principal função do Cu nas plantas são como transportador eletrônico durante a fotossíntese (reações de oxido-redução) (MATTOS JUNIOR et al. 2005).

A deficiência de Cu nos citros, no caso de plantas adultas em produção, tem sido observada com mais frequência em pomares de laranja Westin, variedade que parece mais exigente a este nutriente em relação a outras variedades de laranjas.

A aplicação periódica de fungicidas contendo Cu em pomares adultos para controle de doenças foliares e de frutos é uma prática que tem suprido a demanda nutricional da cultura. Em pomares recém plantados, em solos com baixa disponibilidade de Cu, a importância desse nutriente tem sido relevada, pois o uso de produtos cúpricos nesta fase é menor, ocasionando ocorrência de sintomas visuais (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Estas aplicações de fungicidas a base de Cu também são realizadas em alguns viveiros, de maneira preventiva, e da mesma forma podem colaborar no suprimento de Cu para as mudas.

A ocorrência da deficiência de Cu tem sido muito frequente em mudas cítricas cultivadas em substratos a base de casca de pinus. Nesse caso, é comum a presença de bolsas de goma nas axilas das folhas, que quando se rompem provocam a seca do ramo. No caso de deficiência severa, pode ocorrer morte da gema apical e seca dos ponteiros das mudas (*dieback*) e o desenvolvimento de coloração avermelhada na haste principal da muda (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

BOAVENTURA (2003) relatou maior exigência de cobre para mudas cítricas cultivadas em substrato orgânico, se comparada a plantas adultas (ZANETTI, 2004).

ALMEIDA et al. (2007) compararam quatro fontes de Cu para o fornecimento de desse nutriente para mudas cítricas, sendo elas: Recop® (oxicloreto de cobre) 1,8 g.L⁻¹ (foliar), aplicado quinzenalmente; Coptrac® (óxido de cobre) 3 mL.L⁻¹ (foliar) (testemunha), aplicado quinzenalmente; Cobre Stoller® (quelatizado) 40 mL.1000L⁻¹ (fertirrigado), fornecido duas vezes por semana; sulfato de cobre 7,5 g.1000L⁻¹ (fertirrigado), fornecido uma vez por semana, mais uma testemunha, sem aplicação de Cu, utilizando substrato casca de pinus para a produção das mudas. Foram realizadas avaliações de diâmetro de caule, altura de planta e massa seca em duas épocas, 90 e 120 dias após o transplante para as sacolas plásticas, com capacidade para 4 litros de substrato. Encontraram que os tratamentos com aplicação de Coptrac® e Sulfato de cobre se sobressaíram significativamente dos demais na segunda avaliação para a variável diâmetro médio de caule (mm). Já para a altura média de plantas (cm) não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Para número médio de folhas por

planta e massa seca de folhas (g) o tratamento com sulfato de cobre foi superior estatisticamente na segunda avaliação e, para massa seca de raízes (g), na primeira avaliação a testemunha sobressaiu-se estatisticamente aos demais tratamentos.

2.3 Porta-enxertos cítricos

Quando a citricultura brasileira alcançou expressão comercial, iniciou-se o uso de plantas enxertadas, sendo a laranjeira ‘Caipira’ (*Citrus sinensis*), o porta-enxerto mais utilizado. A baixa resistência da ‘Caipira’ a gomose e a seca motivou sua substituição pela laranjeira ‘Azeda’ (*Citrus aurantium* L.), que até a década de 1940 foi o principal porta-enxerto, no qual estavam enxertadas 90% das plantas da citricultura paulista, e as demais em lima da ‘Pérsia’ (*Citrus limettioides* Tanaka), limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), laranjeira ‘Caipira’ e limoeiro ‘Rugoso’ (*Citrus jambhiri* Lush.). A introdução do vírus da tristeza dos citros em São Paulo, por volta de 1937, e a sua disseminação, por borbulha e pulgão preto, causou a morte das plantas enxertadas em laranjeira ‘Azeda’ e lima da ‘Pérsia’, que são intolerantes ao vírus. Em experimentos que vinham sendo desenvolvidos, foram identificados como tolerantes ao vírus da tristeza dos citros os porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’, tangerineira ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* hort. Ex Tanaka), tangerineira ‘Sunki’ (*Citrus sunki* (Hayata) hort. Ex Tanaka)], laranjeira ‘Caipira’ e limoeiro ‘Rugoso’.

As excepcionais características apresentadas pelo limoeiro ‘Cravo’, como facilidade para formação das mudas, compatibilidade com todas as copas, produção precoce, altas produções e resistência a seca, tornaram-no o preferido pelos viveiristas e citricultores. Desde 1999 a morte súbita dos citros (MSC) vem afetando plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, promovendo novamente a necessidade de diversificação de porta-enxertos para a citricultura paulista (POMPEU JUNIOR, 2005).

Para a execução do experimento planejado para este trabalho, foram selecionados os porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ e tangerineira ‘Sunki’, esta última resistente a MSC.

O limoeiro ‘Cravo’ é o porta-enxerto mais utilizado hoje na citricultura brasileira, exceto no Rio Grande do Sul, onde predomina o Trifoliata, e em Sergipe, onde divide espaço com o limoeiro ‘Rugoso’. As razões para ser tão amplamente utilizado são: tolerância à tristeza, resistência à seca, fácil obtenção de sementes, grande vigor no viveiro, bom pegamento de mudas no plantio, rápido crescimento, produção

precoce, produções altas e de frutos de qualidade regular, compatível com todas as variedades copa, média resistência ao frio e bom comportamento em solos arenosos (POMPEU JUNIOR, 2005). Porém, a susceptibilidade deste porta-enxerto à MSC fez com que ele perdesse parte da fatia que ocupa no mercado, devido a maior procura por variedades porta-enxertos tolerantes a MSC.

A tangerineira ‘Sunki’ vem sendo utilizada no Estado de São Paulo desde o início do século passado. Ela apresenta tolerância à tristeza, à xiloporose, ao declínio e à MSC, porém é intolerante à exocorte e susceptível a gomose de *Phytophthora*. Apresenta médio vigor no desenvolvimento em viveiros (POMPEU JUNIOR, 2005). Por ser uma variedade compatível com a laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis*), houve um aumento na procura deste porta-enxerto, visando a diversificação de porta-enxertos na formação de novos pomares (FUNDECITRUS, 2008)

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em duas fases, sendo a primeira delas na produção de porta-enxertos cítricos na fase de sementeira, a partir da semeadura até o ponto de transplântio, com duração de 157 dias, e a segunda fase a partir do transplântio até os porta-enxertos atingirem o ponto de enxertia, com duração de 72 dias.

O experimento foi conduzido em estufa telada, no viveiro comercial de mudas cítricas da Citrograf Mudas, localizado na cidade de Conchal, Estado de São Paulo (latitude S 22°20’50,3” e longitude W 47°09’44,5”). A estufa em questão conta com cobertura de filme plástico transparente de 150 micra, laterais fechadas com tela anti-afídeo, com malha de 0,87 mm x 0,30 mm, e de antecâmara, para evitar a entrada de insetos vetores de doenças dos citros, como cigarrinhas, psílídeos e afídeos. Contam ainda com muretas de concreto nas laterais para evitar entrada de enxurrada e sistema de desinfestação de pés e mãos nas antecâmaras.

A unidade de produção da Citrograf, onde o experimento foi conduzido, é composta por 12 estufas com as características externas citadas acima mas que variam internamente de acordo com sua utilização. Destas 12 estufas, oito são destinadas para a produção de porta-enxertos, totalizando 800 m² e capacidade para produção de 480.000 porta-enxertos. No interior destas estufas os porta-enxertos são produzidos em tubetes com 50 mL de capacidade para substrato, dispostos em bandejas com 192 células,

distribuídas em três bancadas de arame, distantes 1 m do chão para apoio das bandejas. O piso é todo cimentado e a irrigação é feita de forma manual. Outras três estufas são destinadas à produção de mudas enxertadas de citros, com 6000 m² e capacidade para 250.000 mudas/ano. Apresentam, em seu interior, bancadas de alvenaria elevadas 50 cm do solo, piso dos corredores cimentado e de terra sob as bancadas, para infiltração do excesso de água de irrigação, que é realizada também de forma manual.

3.1 Material Vegetal

Os porta-enxertos utilizados foram a tangerineira ‘Sunki’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex. Tanaka], considerada de médio vigor para o desenvolvimento no viveiro, e o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), que se destaca pelo rápido desenvolvimento (POMPEU JUNIOR 1991).

3.2 Aplicação dos nutrientes

O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar fontes de Fe, fontes e concentrações de Cu, e a possível interação entre esses nutrientes em solução nutritiva de fertirrigação, para a produção de porta-enxertos cítricos.

Para a formulação das soluções para cada tratamento, foram preparadas inicialmente soluções estoque, formuladas de acordo com as soluções A e B descritas na Tabela 1. Foram preparadas duas soluções estoque, cada uma com parte dos nutrientes, para evitar formação de precipitados por incompatibilidade de alguns produtos em altas concentrações. A solução final de fertirrigação para aplicação nos porta-enxertos, ainda sem a adição de Fe e Cu, apresentou as concentrações constantes na Tabela 2. Através de simulações realizadas com o uso de programa GeoChem, os Anexos 1, 2, 3 e 4 apresentam as prováveis concentrações de nutrientes para as soluções de fertirrigação finais contendo Fe-EDTA ou Fe-citrato (2,0 mg.L⁻¹) combinadas com Cu-EDTA ou sulfato de cobre (2,5, 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹) (PARKER et al., 1995).

Separadamente, foram formuladas as soluções estoque para fornecimento de Fe, utilizando-se o sal comercial Fe-EDTA (TradeCorp[®]), e o Fe-citrato, preparado a partir da mistura de 1,1 mol de ácido cítrico p.a. (Synth[®]) e 1 mol de sulfato ferroso heptahidratado (Synth[®]). As duas soluções foram diluídas de maneira a fornecer às plantas 2,0 mg.L⁻¹ de Fe.

As soluções estoque para fornecimento de Cu foram preparadas a partir de solução concentrada comercial de Cu-EDTA (Profol®, da Produquímica®), e o sal inorgânico sulfato de cobre pentahidratado p.a. (Synth®). As diluições foram feitas de maneira a obter na solução nutritiva final de fertirrigação as concentrações de 0,0, 2,5, 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹ de Cu.

Tabela 1 – Produtos utilizados na formulação das soluções estoque para preparo da solução de fertirrigação, sem adição de Fe e Cu.

Solução A		Solução B	
Produto	g.L ⁻¹	Produto	g.L ⁻¹
Nitrato de cálcio	80,00	Nitrato de potássio	36,00
Nitrato de Magnésio	33,00	MAP	8,00
Sulfato de manganês	0,20	Sulfato de potássio	12,00
Sulfato de Zinco	0,11	Molibdato de sódio – solução 1% (mL)	1,00

Tabela 2 – Concentrações de nutrientes na solução nutritiva final utilizada na fertirrigação das plantas dos porta-enxertos, sem adição de Fe e Cu.

N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo	CE	pH
-----mg.L ⁻¹ -----														dS.m ⁻¹	
202	15	16	185	150	30	20	12,0	-	0,55	-	0,21	-	0,004	2,00	5,50

3.3 Experimento – primeira fase, da semeadura até transplântio

A primeira fase, conduzida na sementeira, teve início na semeadura dos porta-enxertos nos tubetes de 50 mL, que ocorreu no dia 08/05/2007, onde os porta-enxertos foram mantidos por 157 dias (aproximadamente 5 meses), até atingirem condições para a realização do transplântio para as sacolas plásticas de produção de mudas. O substrato utilizado foi o produto comercial, a base de casca de pínus, Plantmax® Citrus, da Eucatex® Agrícola, cuja concentração de nutrientes é apresentada na Tabela 3.

Os nutrientes foram fornecidos para as plantas dos porta-enxertos via fertirrigação, tendo uma formulação básica para todos os tratamentos, e variações das fontes e concentrações de Fe e Cu para cada tratamento. As plantas dos porta-enxertos foram irrigadas diariamente, efetuando-se três a quatro fertirrigações por semana, intercalados com irrigações com água. As soluções de fertirrigação foram aplicadas com auxílio de um regador, distribuindo um volume aproximado de cerca de 10 mL por tubete, de acordo com o manejo convencional do viveiro.

Os tratamentos envolvendo fontes de Fe e fontes e concentrações de Cu foram iniciados 20 dias após a semeadura, quando as parcelas do experimento foram casualizadas, após a seleção e descarte de híbridos e descarte das sementes que não germinaram.

Tabela 3 – Concentrações de nutrientes no substrato comercial Plantmax® Citrus, da Eucatex.

N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CE	pH
-----g.dm ⁻³ -----													dS.m ⁻¹	
14,0	33,0	4,6	10,2	26,1	8,6	45,0	12,0	0,09	0,07	0,014	0,02	0,02	1,20	5,50

Análise realizada no Laboratório de Análises do Solo e Foliar Ribersolo, pelo método holandês, com diluição 1:1,5.

O experimento foi instalado de acordo com esquema de fatorial 2x2x2x4, com 3 repetições, com dois cultivares porta-enxerto (tangerineira ‘Sunki e limoeiro ‘Cravo’) e as combinações das fontes dos micronutrientes Fe e Cu, e as concentrações de Cu compondo os tratamentos.

Cada bandeja representou uma parcela, contendo 48 plantas de cada variedade porta-enxerto neste experimento, irrigadas com a mesma solução tratamento (Figura 1).

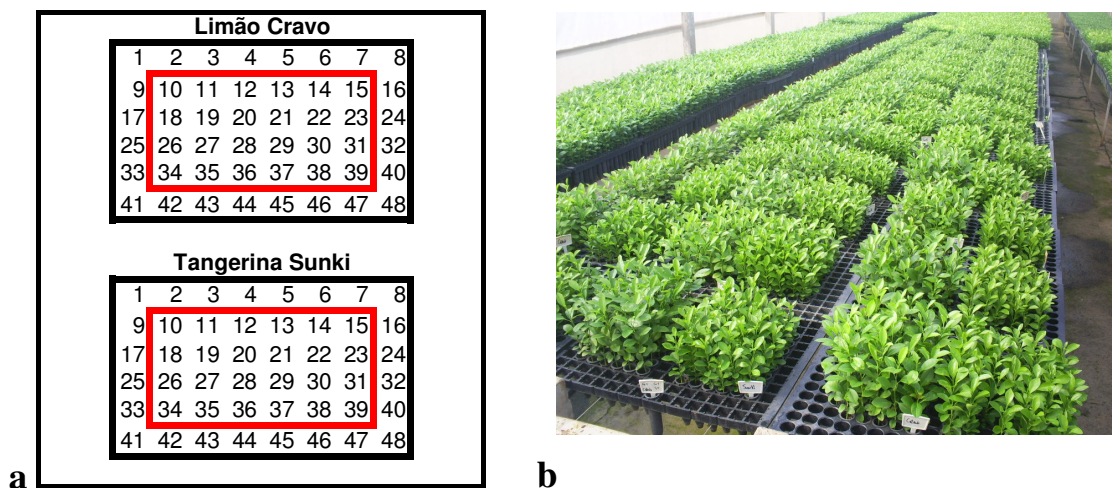


Figura 1 – esquema da disposição dos porta-enxertos na bandeja (a). Área demarcada em vermelho corresponde à área útil da parcela; visão geral do experimento (b).

3.4 Experimento – segunda fase, do transplântio até enxertia

A segunda fase teve início em 11/10/2007, no momento do transplântio dos porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ e tangerineira ‘Sunki’ para as sacolas plásticas para produção de mudas, com capacidade para 7 L de substrato. Teve duração de 72 dias, sendo finalizado no dia 21 de dezembro, quando os porta-enxertos estavam aptos para realização da enxertia.

Os porta-enxertos foram arranjados em parcelas de maneira que continuassem com o mesmo tratamento que recebeu na primeira fase, visando mostrar efeito cumulativo dos tratamentos.

O substrato utilizado nesta etapa foi o produto comercial, a base de casca de *Pinus* (85%), vermiculita (10%) e carvão ativado (5%) Terra do Paraíso®, apenas com adequação do pH, através de mistura de calcário. As concentrações de nutrientes encontradas no substrato são apresentadas na Tabela 4.

Os nutrientes foram novamente fornecidos para as plantas através de fertirrigação, com a mesma solução básica e as mesmas combinações de diferentes fontes e concentrações Fe e Cu para a formação dos tratamentos. As fertirrigações foram realizadas três vezes por semana, nas segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras de cada semana, e apenas em períodos muito quentes, onde a demanda hídrica foi grande, foram realizadas irrigações com água nos finais de semana. Cada planta recebeu aproximadamente 300 mL de solução por fertirrigação, aplicados com o uso de canecas de volume conhecido.

Tabela 4 – Concentrações de nutrientes no substrato comercial Terra do Paraíso®.

N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CE	pH
-----g.dm ⁻³ -----													dS/m	
8,4	8,4	3,9	116	31,5	24,0	62,9	10,0	0,61	0,04	0,01	0,07	0,19	0,62	5,9

Analise realizada no Laboratório de Análises do Solo e Foliar Ribersolo, pelo método holandês, com diluição 1:1,5.

Na segunda fase, o experimento foi instalado seguindo o mesmo delineamento em esquema de fatorial 2x2x2x4, com 3 repetições. Os tratamentos foram arranjados em duas bancadas vizinhas, dentro de uma das estufas do viveiro. Em uma das bancadas foram transplantados os porta-enxertos de tangerineira ‘Sunki’, e na outra os porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’.

Cada bancada tem capacidade para 9 sacolas em cada linha, e cada parcela foi composta de duas linhas, num total de 18 plantas/parcela.

3.5 Variáveis biométricas

Os parâmetros biométricos avaliados nas plantas envolvidas no experimento foram: altura das plantas, medida do substrato ao ápice da copa, ao final de cada fase; diâmetro do caule, medido a 4 cm do substrato ao final da primeira fase, e a 10 cm do substrato ao final da segunda fase; massa seca de parte aérea e sistema radicular, ao final de cada fase.

Para a avaliação de altura foi utilizada régua graduada, com escala de 1,0 mm, e o diâmetro do caule foi medido com auxílio de um paquímetro digital, com escala de 1,0 mm.

Para medição de massa seca foram realizadas coletas destrutivas de plantas ao final de cada fase, onde as plantas foram divididas em sistema radicular e parte aérea, e a secagem realizada em estufa, com temperatura entre 65 e 70 °C por 24 h. A pesagem foi realizada em balança de laboratório, com precisão de +/- 0,01 g.

Foram realizadas também avaliação de ocorrência e intensidade de sintomas de deficiência de Fe na primeira fase do experimento, e de deficiência de Cu na segunda fase do experimento.

3.6 Análises Químicas

O material vegetal para análise foi coletado ao final de cada uma das duas fases, separado em raízes e parte aérea, devidamente identificado e embalados em sacos de papel.

Foram realizadas análises químicas dos substratos utilizados no início das duas fases do experimento, para conhecimento das concentrações pré-existentes de nutrientes nos substratos, e foram realizadas análises químicas de folhas das plantas ao final de cada fase.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeira fase

Foram observados sintomas de deficiência de Fe nos tratamentos onde foi utilizado o Fe-citrato como fonte de Fe, em combinação tanto com o Cu-EDTA quanto com o sulfato de cobre, devido a reação do ácido cítrico que passa a complexar outros elementos, com grande preferência pelo Cu, provocando a precipitação do Fe com PO_4 , tornando-o indisponível (Anexos 5, 6, 7 e 8).

Nos tratamentos com uso de Fe-EDTA como fonte de Fe e de Cu-EDTA como fonte de Cu, não ocorrem grandes reações, mantendo cerca de 90% do Fe na forma quelatizada e disponível para as plantas. Os tratamentos com o ‘Cravo’ não apresentaram sintomas de deficiência de Fe com o uso desta combinação de fontes de Fe e Cu. A ‘Sunki’ apresentou sintomas leves de deficiência de Fe nos tratamentos com concentrações de Cu de 5,0 e 7,5 mg.L^{-1} , indicando que este porta-enxerto pode apresentar menor tolerância ao excesso de Cu, que pode provocar um desbalanço nutricional comprometendo a absorção de Fe.

Quando a combinação ocorre entre o Fe-EDTA como fonte de Fe e de sulfato de cobre como fonte de Cu, ocorre precipitação de Fe com PO_4 nos tratamentos com as concentrações de 2,5, 5,0 e 7,5 mg.L^{-1} de Cu, devido a maior afinidade de reação do Cu com o EDTA. O ‘Cravo’ novamente não apresentou sintomas de deficiência de Fe nos tratamentos com estas fontes de Fe e Cu. De maneira semelhante ao ocorrido com a combinação entre Fe-EDTA e Cu-EDTA, a ‘Sunki’ também apresentou sintomas de deficiência de Fe nos tratamentos com maiores concentrações de Cu, 5,0 e 7,5 mg.L^{-1} .

Estas reações foram observadas com o uso do programa informatizado GeoChem, que realiza simulações do que ocorre em soluções nutritivas, e foi utilizado para demonstrar as reações que ocorreram nas soluções nutritivas usadas para fornecimento de nutrientes as plantas dos porta-enxertos usados no experimento (PARKER et al., 1995).

4.2 Diâmetro do caule

Foram observados em todos os tratamentos aplicados valores maiores de diâmetro de caule para as plantas de ‘Cravo’, em relação à ‘Sunki’.

Os valores medidos de diâmetro de caule também apresentam significância a 5%, aumentando de acordo com o aumento da concentração de Cu aplicada em cada tratamento (Tabela 5), e observa-se uma resposta linear destes valores (Figura 2).

Tabela 5 – Diâmetro de caule dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Sunki’ de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução de fertirrigação. Final da primeira fase.

Concentrações de Cu (mg.L ⁻¹)	Diâmetro (mm)	
	‘Cravo’	‘Sunki’
0	2,23	2,04
2,5	2,21	2,05
5,0	2,25	2,07
7,5	2,27	2,10

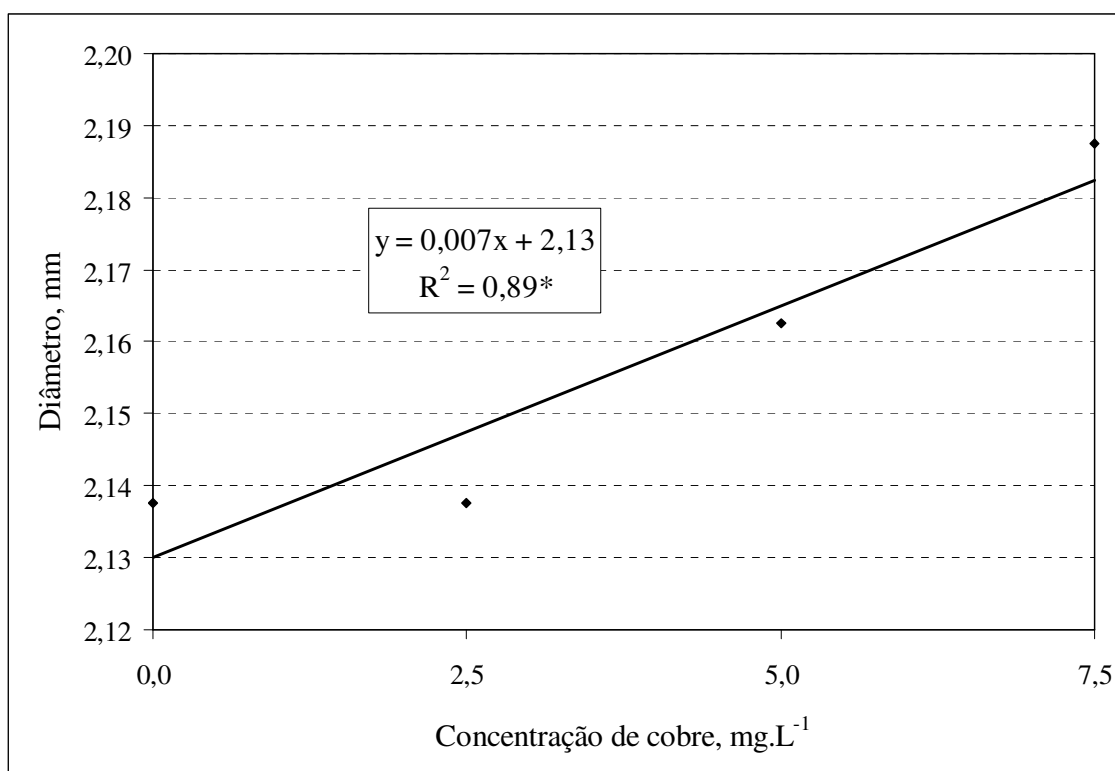


Figura 2 – Diâmetro médio de caule das plantas em função da concentração de Cu aplicada nos tratamentos. Final da primeira fase.

4.3 Altura dos porta-enxertos

Os porta-enxertos de ‘Cravo’ apresentaram valores medidos de altura maiores em relação a ‘Sunki’, em todos os tratamentos aplicados, com significância de 5%, apresentando dados semelhantes aos observados para diâmetro de caule.

Observou-se que os porta-enxertos dos tratamentos com concentração de 7,5 mg.L⁻¹ de Cu apresentaram valores médios de altura inferiores aos tratamentos com

teores de 2,5 e 5,0 mg.L⁻¹ de Cu, mostrando efeito negativo de excesso de Cu, afetando o vigor das plantas como descrito em MAGALHÃES (2006). Este fato foi observado para o ‘Cravo’ e também para a ‘Sunki’ (Tabela 6).

Os valores médios de altura das plantas dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Sunki’, em relação às concentrações crescentes de Cu, está ilustrada na Figura 3. Observa-se que ocorreu resposta quadrática ao aumento da concentração de cobre, com um máximo no valor da altura próximo da concentração de 2,5 mg.L⁻¹, e ocorrendo decréscimo para a concentração de 7,5 mg.L⁻¹ desse micronutriente.

Tabela 6 – Altura de plantas dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Sunki’ de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução de fertirrigação. Final da primeira fase.

Concentrações de Cu (mg.L ⁻¹)	Altura (cm)	
	‘Cravo’	‘Sunki’
0	17,25	14,69
2,5	17,40	14,82
5,0	17,41	15,05
7,5	16,10	13,98

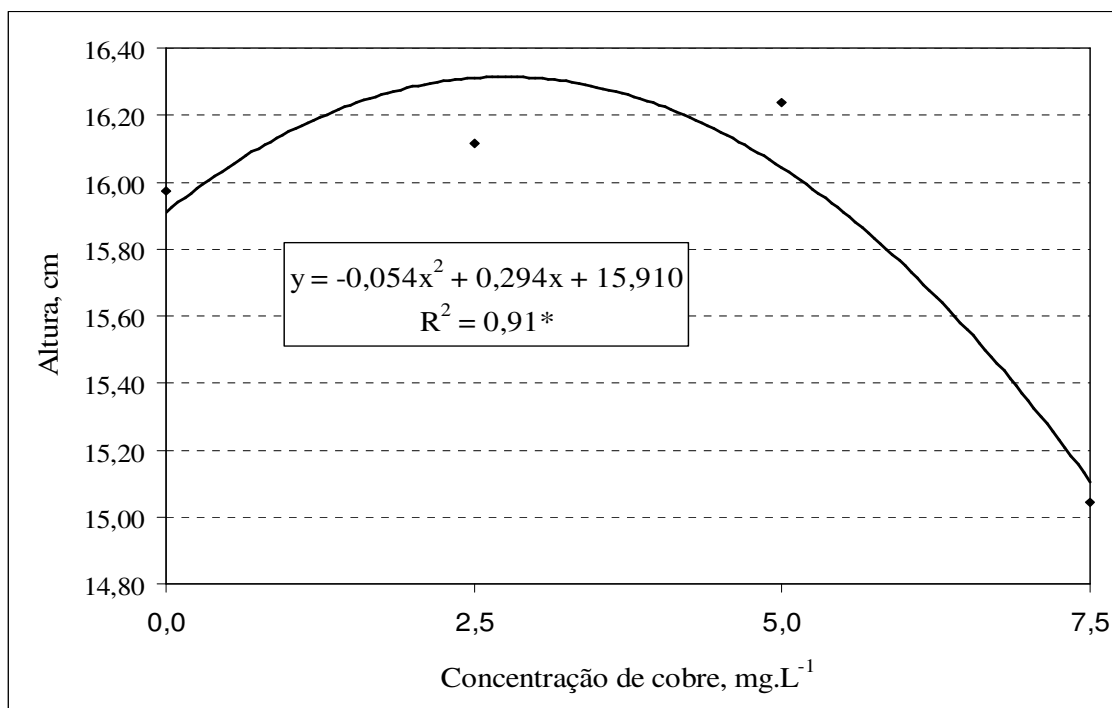


Figura 3 – Altura média das plantas em função da concentração de Cu aplicada nos tratamentos. Final da primeira fase.

4.4 Massa seca: parte aérea

Observou-se que o ‘Cravo’ apresentou maior acúmulo de massa seca de parte aérea em relação a ‘Sunki’, de maneira semelhante ao observado para o diâmetro de caule e também para a altura de porta-enxertos. Para o ‘Cravo’, houve maior acúmulo de massa seca nos tratamentos com o uso de Fe-EDTA em relação aos tratamentos com uso de Fe-citrato, com significância de 5%. Já a ‘Sunki’ apresentou acúmulo de massa seca de parte aérea igual para as duas fontes de Fe.

Os valores de massa seca da parte aérea dos porta-enxertos, de acordo com o aumento de Cu em cada tratamento, são apresentados na Tabela 7. A Figura 4 mostra a resposta das plantas para acúmulo de massa seca às crescentes concentrações de Cu, considerando-se a média dos dois porta-enxertos, onde observa-se uma resposta quadrática ao aumento da concentração de Cu, com um máximo próximo da concentração de 2,5 mg.L⁻¹, ocorrendo decréscimo na concentração de 7,5 mg.L⁻¹ deste nutriente.

Tabela 7 – Massa seca de parte aérea dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Sunki’ de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução de fertirrigação. Final da primeira fase.

Concentrações de Cu (mg.L ⁻¹)	Massa seca (g)	
	‘Cravo’	‘Sunki’
0	1,84	1,64
2,5	1,86	1,66
5,0	1,90	1,68
7,5	1,76	1,57

Observou-se os maiores valores médios de massa seca de parte aérea de porta-enxertos onde foram aplicados os tratamentos com as concentrações de 2,5 e 5,0 mg.L⁻¹ de Cu, independentemente das fontes de Fe e Cu utilizadas. Os porta-enxertos dos tratamentos onde a solução não continha Cu (0 mg.L⁻¹ Cu) apresentaram valores médios próximos dos valores destes tratamentos. Os menores valores foram observados nos porta-enxertos onde foram aplicados os tratamentos com 7,5 mg.L⁻¹ de Cu, independentemente das fontes de Fe e Cu. Novamente é comprovado o efeito negativo no vigor dos porta-enxertos da aplicação de altas concentrações de Cu via fertirrigação.

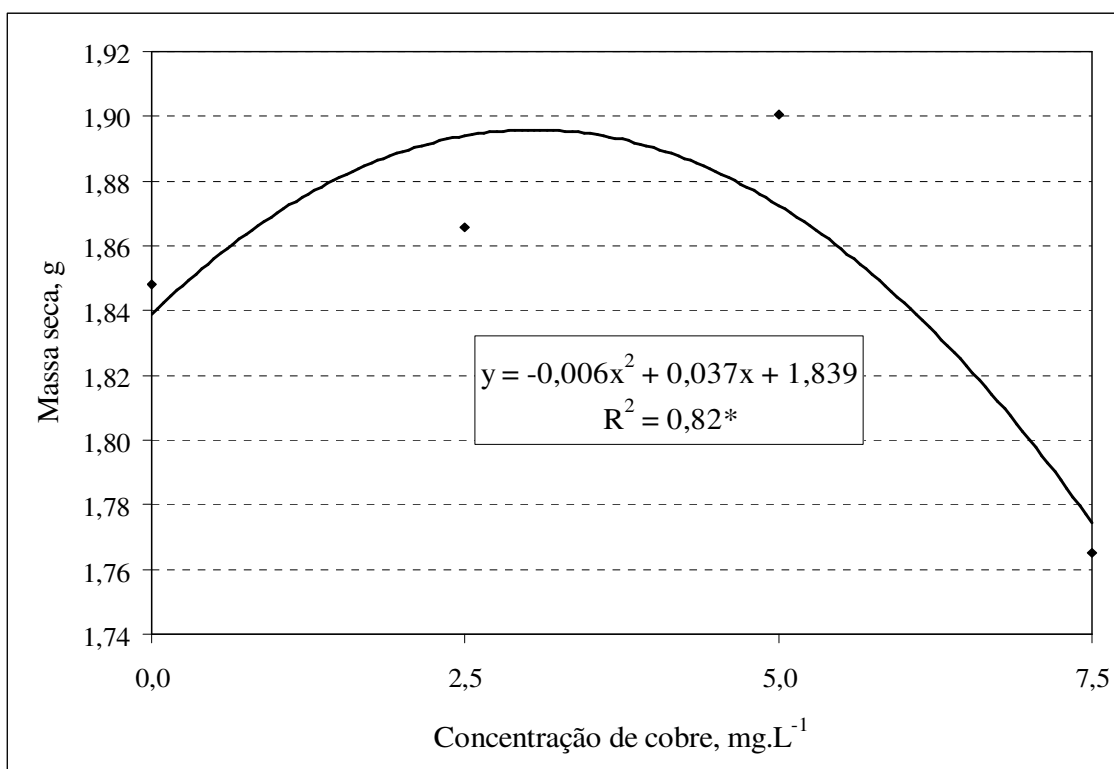


Figura 4 – Massa seca de parte aérea das plantas em função da concentração de Cu aplicada nos tratamentos. Final da primeira fase.

4.5 Massa seca: sistema radicular

Quanto aos valores de peso seco do sistema radicular, não foi observada diferenças entre a ‘Sunki’ e o ‘Cravo’, nem entre os tratamentos, o que mostra que apesar de a ‘Sunki’ apresentar menor vigor de desenvolvimento na parte aérea, seu sistema radicular se desenvolve de maneira semelhante ao do ‘Cravo’, nas mesmas condições.

4.6 Estado nutricional das plantas

Foi realizada análise química de folhas de todos os tratamentos para avaliação nutricional das plantas, apenas para os nutrientes Fe e Cu.

Para as duas fontes de Fe, o ‘Cravo’ apresentou maiores concentrações de Fe nas folhas em relação a ‘Sunki’, a 5% de significância.

Os teores médios de Fe acumulados nas folhas de ‘Cravo’ foram mais altos nos tratamentos com uso de Fe-EDTA, em relação aos tratamentos com Fe-citrato, a 5% de significância, comprovando a melhor absorção do nutriente na forma deste quelato. Para

a 'Sunki', não houve diferença significativa entre os valores médios de concentração de Fe nas folhas para as duas fontes de Fe.

Para as concentrações de Cu nas folhas das plantas, observou-se que para o 'Cravo' houve maiores concentrações de Cu nos tratamentos com aplicação de Cu-EDTA em relação aos tratamentos com sulfato de Cu, porém para a 'Sunki' não houve diferença significativa nas concentrações de Cu nas folhas entre as duas fontes de Cu.

Os valores médios observados, para os dois porta-enxertos, de concentração de Cu nas folhas aumentou de acordo com o aumento da concentração de Cu aplicado em cada tratamento, como apresentado na Tabela 8, e apresentou resposta linear, a 5% de significância, Figura 5.

Tabela 8 – Concentração de Cu nas folhas dos porta-enxertos 'Cravo' e 'Sunki' de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução de fertirrigação. Final da primeira fase.

Concentrações de Cu (mg.L ⁻¹)	Massa seca (g)	
	'Cravo'	'Sunki'
0	18,40	18,69
2,5	21,67	21,39
5,0	25,29	22,06
7,5	28,60	33,03

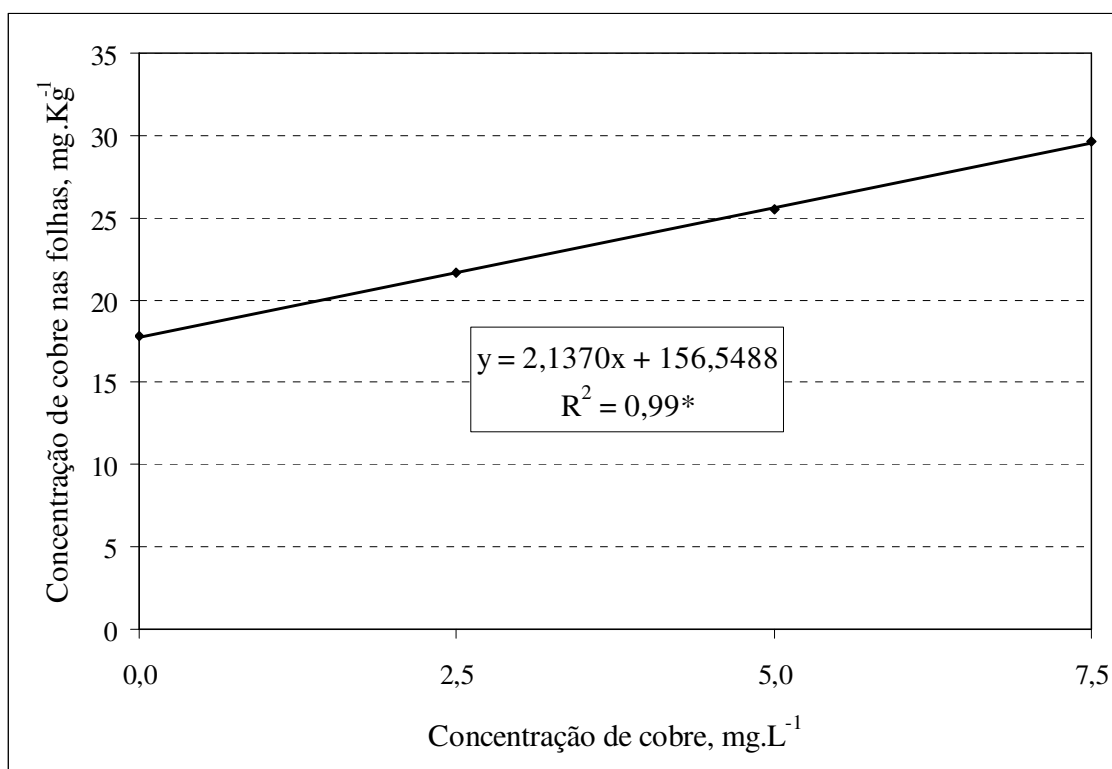


Figura 5 – Concentração cobre nas folhas das plantas em função da concentração de Cu aplicada nos tratamento. Final da primeira fase.

Tabela 9 – Ocorrência e intensidade de sintomas visuais de deficiência de Fe nos porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ e Tangerineira ‘Sunki’ na primeira fase do experimento.

Porta-enxerto	Fonte de Fe (2mg/l)	Fonte de Cu	Concentração de Cu (mg/l)	Sintoma de deficiência de Fe*
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	0,0	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	2,5	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	5,0	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	7,5	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	0,0	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	2,5	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	5,0	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	7,5	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	0,0	++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	2,5	+
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	5,0	+++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	7,5	+++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	0,0	+
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	2,5	++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	5,0	++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	7,5	+++

Porta-enxerto	Fonte de Fe (2mg/l)	Fonte de Cu	Concentração de Cu (mg/l)	Sintoma de deficiência de Fe*
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	0,0	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	2,5	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	5,0	+
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	7,5	++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	0,0	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	2,5	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	5,0	+
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	7,5	+++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	0,0	++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	2,5	+
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	5,0	+++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	7,5	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	0,0	++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	2,5	++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	5,0	+++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	7,5	++++

* O sinal - significa ausência de sintomas de deficiência de Fe, e o sinal + significa ocorrência de sintomas de deficiência de Fe. Quanto maior o número de +, maior a intensidade da deficiência de Fe.

4.7 Segunda fase

O ‘Cravo’, nos tratamentos com fornecimento de 0 e 2,5 mg.L⁻¹ de Cu, apresentou fortes sintomas de deficiência de Cu, com redução na altura das plantas, seca de ponteiro, seca de folhas e brotações laterais excessivas, entretanto não apresentou a formação de ‘bolsas’ com exsudação de goma, sintoma típico de deficiência de Cu. Os tratamentos com fornecimento de 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹ de Cu não apresentaram sintomas de deficiência de Cu.

Para a 'Sunki', o comportamento foi parecido, com redução na altura das plantas nos tratamentos com fornecimento de 0 e 2,5 mg.L⁻¹ de Cu, mas não apresentou outros sintomas de deficiência de Cu.

A concentração de 2 mg.L⁻¹ de Fe na solução de fertirrigação se mostrou suficiente para o 'Cravo' e para a 'Sunki', visto que nenhuma das variedades porta-enxerto apresentou sintoma de deficiência de Fe.

As simulações das reações que podem ter ocorrido nas soluções finais de fertirrigação são as mesmas apresentadas na primeira fase do experimento, visto que foram utilizadas as mesmas soluções para fertirrigar as plantas nesta fase do experimento.

4.8 Diâmetro do caule

Na avaliação de diâmetro de caule das plantas, observou-se apenas diferença significativa entre os porta-enxertos, onde o 'Cravo' novamente apresentou maiores valores médios de diâmetro de caule, em relação a 'Sunki'.

4.9 Altura

Os resultados de altura de plantas observados mostram que o 'Cravo' apresentou maior vigor, com plantas mais altas em relação à 'Sunki', a 5% de significância.

Para o 'Cravo', os tratamentos com solução de fertirrigação contendo 0 e 2,5 mg.L⁻¹ de Cu se mostraram iguais, com plantas visualmente menores, apresentando diferença significativa, a 5%, para os tratamentos com 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹ de Cu na solução final de fertirrigação, que se mostraram iguais entre si, apresentando plantas visualmente mais altas, como mostrado na Tabela 10. Além da redução de altura, as plantas dos tratamentos com 0 e 2,5 mg.L⁻¹ de Cu apresentaram outros sintomas típicos de deficiência de Cu, sendo estes morte de meristema apical, seca de folhas do ponteiro e brotações laterais excessivas. Não foram observadas 'bolsas' com exsudação de goma. Os tratamentos com soluções contendo 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹ de Cu não apresentaram sintomas de deficiência de Cu. A 'Sunki' se comportou de maneira semelhante ao 'Cravo', apresentando os tratamentos com solução de fertirrigação contendo 0 e 2,5 mg.L⁻¹ de Cu iguais entre si, com plantas visualmente menores, e significativamente diferentes, a 5%, do tratamentos com 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹ de Cu na solução final de

fertirrigação, que também se mostraram iguais, apresentando plantas visualmente mais altas. Apesar da redução na altura, as plantas dos tratamentos com 0 e 2,5 mg.L⁻¹ de Cu não apresentaram outros sintomas de deficiência de Cu, e as plantas dos tratamentos com 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹ de Cu não apresentaram nenhum tipo de sintomas de deficiência de Cu.

Tabela 10 – Altura de plantas dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Sunki’ de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução de fertirrigação. Final da segunda fase.

Concentrações de Cu (mg.L ⁻¹)	Altura (cm)	
	‘Cravo’	‘Sunki’
0	44,00	39,97
2,5	43,97	40,00
5,0	73,97	68,23
7,5	73,74	68,08

4.10 Massa seca: parte aérea

O ‘Cravo’ apresentou, maior acúmulo de massa seca em relação a ‘Sunki’ para todos os tratamentos, a 5% de significância, mostrando valores semelhantes aos obtidos para altura de porta-enxertos.

Os valores médios de massa seca da parte aérea apresentaram resposta parecida com os dados encontrados para altura de porta-enxertos, com valores estatisticamente iguais entre os tratamentos com 0 e 2,5 mg.L⁻¹ de Cu e entre os tratamentos com 5,0 e 7,5 mg.L⁻¹ de Cu aplicados nos tratamentos, Tabela 11. Houve resposta linear para as crescentes concentrações de Cu aplicadas via fertirrigação nos tratamentos, a 5% de significância, mostrando aumento de massa seca de acordo com o aumento da concentração de Cu fornecida pela solução, Figura 6.

Tabela 11 – Massa seca de parte aérea dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Sunki’ de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução de fertirrigação. Final da segunda fase.

Concentrações de Cu (mg.L ⁻¹)	Massa seca (g)	
	‘Cravo’	‘Sunki’
0	5,85	5,50
2,5	5,88	5,50
5,0	6,94	6,29
7,5	6,93	6,30

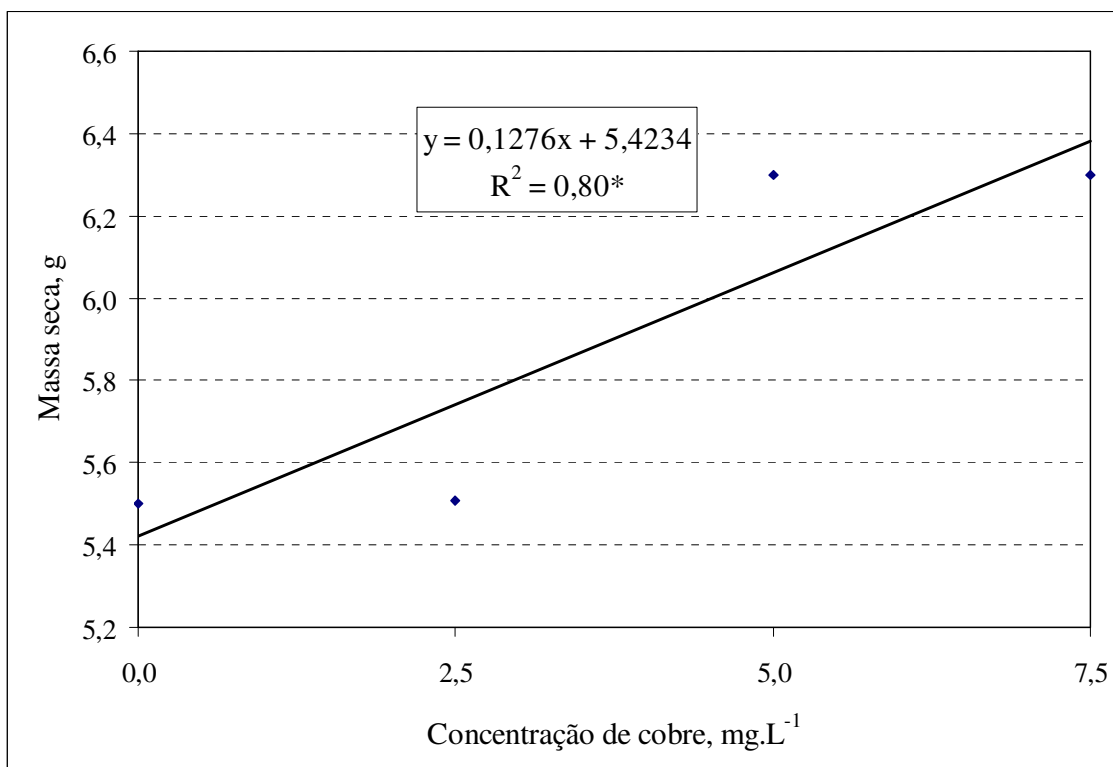


Figura 6 – Massa seca de parte aérea das plantas em função da concentração de Cu aplicada nos tratamentos. Final da segunda fase.

4.11 Massa seca: sistema radicular

A massa seca do sistema radicular apresentou comportamento semelhante em todos os tratamentos, não havendo diferenças significativas entre os porta-enxertos e nem entre os tratamentos nutricionais ministrados às plantas.

4.12 Condições nutricionais:

Novamente foram realizadas análises químicas de folhas de todos os tratamentos para avaliação nutricional das plantas, apenas para os nutrientes Fe e Cu.

Observou-se que os valores médios de Fe nas folhas de ‘Cravo’ foram maiores em relação à ‘Sunki’, a 5% de significância, mostrando maior absorção deste micronutriente pelo ‘Cravo’. Para os dois porta-enxertos, foram observados maiores valores de Fe nas folhas das plantas dos tratamentos com uso de Fe-EDTA em relação aos tratamentos com Fe-citrato, a 5% de significância.

Os valores observados de Cu acumulados nas folhas das plantas (Tabela 12) mostram resposta linear a concentração de Cu, aumentando o valor médio da concentração de Cu de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução final de fertirrigação, Figura 7.

Tabela 12 – Concentração de Cu nas folhas dos porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Sunki’ de acordo com o aumento da concentração de Cu na solução de fertirrigação. Final da segunda fase.

Concentrações de Cu (mg.L ⁻¹)	Massa seca (g)	
	‘Cravo’	‘Sunki’
0	13,55	13,89
2,5	18,09	18,17
5,0	22,67	22,56
7,5	31,95	29,70

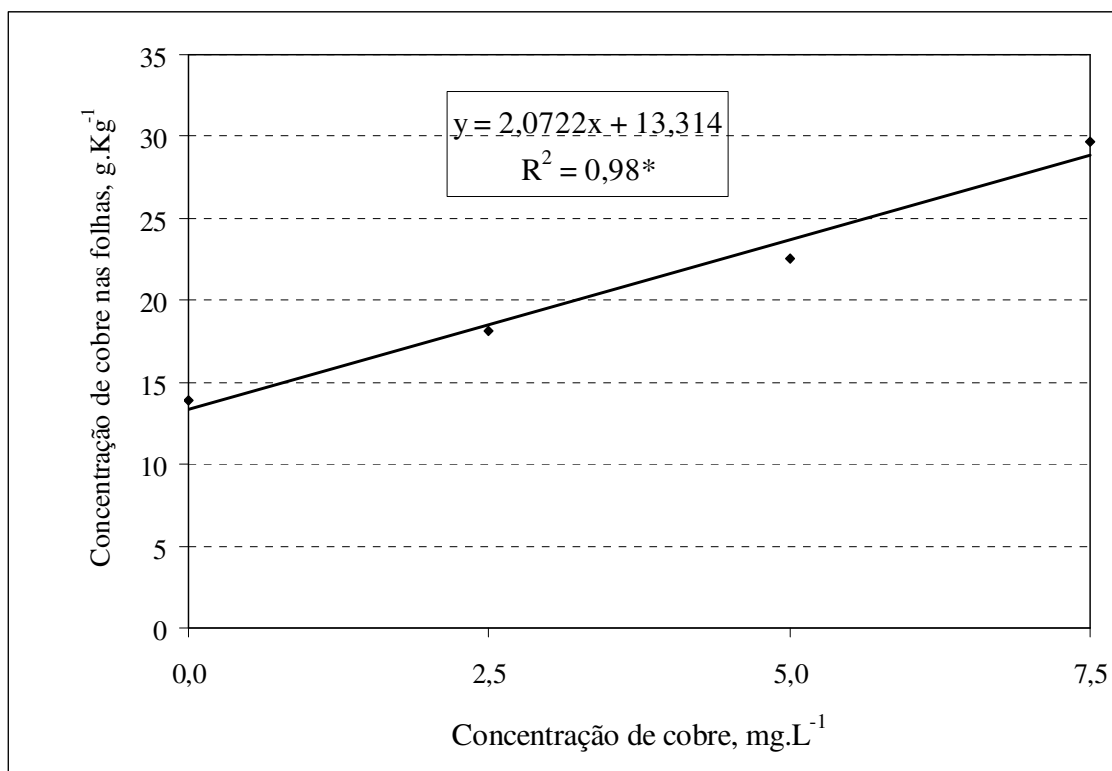


Figura 7 – Concentração de cobre nas folhas das plantas em função da concentração de Cu aplicada nos tratamentos. Final da segunda fase.

Tabela 13 – Ocorrência de sintomas de deficiência de Cu e redução da altura dos porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo e tangerineira ‘Sunki’.

Porta-enxerto	Fonte de Fe (2mg/l)	Fonte de Cu	Concentração de Cu (mg/l)	Sintoma de deficiência de Cu*	Redução na altura da planta**
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	0,0	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	2,5	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	5,0	-	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	7,5	-	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	0,0	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	2,5	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	5,0	-	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	7,5	-	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	0,0	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	2,5	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	5,0	-	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	7,5	-	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	0,0	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	2,5	+++++	+++++
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	5,0	-	-
Limoeiro 'Cravo'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	7,5	-	-

Porta-enxerto	Fonte de Fe (2mg/l)	Fonte de Cu	Concentração de Cu (mg/l)	Sintoma de deficiência de Cu*	Redução na altura da planta**
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	0,0	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	2,5	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	5,0	-	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Cu-EDTA	7,5	-	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	0,0	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	2,5	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	5,0	-	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-EDTA	Sulfato de Cobre	7,5	-	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	0,0	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	2,5	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	5,0	-	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Cu-EDTA	7,5	-	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	0,0	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	2,5	-	+++++
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	5,0	-	-
Tangerineira 'Sunki'	Fe-Citrato	Sulfato de Cobre	7,5	-	-

* O sinal - significa ausência de sintomas de deficiência de Cu, e o sinal + significa ocorrência de sintomas de deficiência de Cu. Quanto maior o número de +, maior a intensidade da deficiência de Cu.

** O sinal - significa que não houve redução na altura dos porta-enxertos, e o sinal + significa que houve redução na altura dos porta-enxertos. Quanto maior o número de +, maior a intensidade da redução na altura dos porta-enxertos.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

1 – Na primeira fase, produção de porta-enxertos em tubetes:

- a) A concentrações de 2,5 mg.L⁻¹ de Cu pode ser utilizada na produção de plantas de porta-enxertos cítricos em tubetes de 50 mL.
- b) A concentração de 7,5 mg.L⁻¹ de Cu provocou efeito de toxidez aos porta-enxertos, diminuindo o vigor para o ‘Cravo’ e para a “Sunki”.

- c) A combinação Fe-EDTA com Cu-EDTA foi a que mostrou melhores resultados, pois houve poucas interações entre a fonte de Fe e a fonte de Cu e outros nutrientes, mantendo o Fe disponível em todos os tratamentos.
- d) Houve resposta das plantas às crescentes concentrações de Cu, sendo positivo até a concentração de $5,0\text{mg.L}^{-1}$ de Cu, e negativo pra $7,5\text{mg.L}^{-1}$ de Cu.

2 – Na segunda fase, produção de porta-enxertos em sacolas de 7L:

- a) Não houve diferenças entre o Fe-EDTA e o Fe-citrato, não aparecendo sintomas de deficiência de Fe em nenhum tratamento.
- b) A combinação Fe-EDTA com Cu-EDTA foi a que mostrou melhores resultados, pois houve poucas interações entre a fonte de Fe e a fonte de Cu e outros nutrientes, mantendo o Fe disponível em todos os tratamentos.
- c) A concentração de $5,0\text{mg.L}^{-1}$ de Cu pode ser utilizada na produção de plantas de porta-enxertos cítricos em sacolas de 7L.
- d) Houve resposta positiva e linear das plantas às crescentes concentrações de Cu.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2003. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2003. 544p.

ALMEIDA, T.R.P., LEONEL, S. & FILHO H.G. Análise de crescimento de mudas cítricas em função do substrato e do fornecimento de cobre II. In **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Gramado-RS, Agosto de 2007.

ALVA, A. K. Micronutrients status of Florida under citrus production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 23, n. 17/20, p. 2493-2510, 1992.

BERNARDI, A.C. DE C. Produção de mudas cítricas em vasos em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Piracicaba - SP, 1999. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**.

BOAVENTURA, P.S.R., QUAGGIO, J.A., ABREU, M.F. & BATAGLIA, O.C.: Balanço de nutrientes na produção mudas cítricas produzidas em substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal v. 26, n. 2, p. 300-305, 2004.

CANTERA, R. G., ZAMARREÑO, A. M. & GARCÍA-MINA, J. M. Characterization of commercial iron chelates and their behavior in an alkaline and calcareous soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 7609-7615, 2002.

CARVALHO, S.A.. Reestruturação do programa de registro de matrizes e revisão das normas para produção de mudas certificadas de citros no Estado de São Paulo. **Revista Laranja**, Cordeirópolis – SP, v.19, p.399-409, 1998.

CARVALHO, S. A. Propagação dos citros. In. **Citricultura: Inovações tecnológicas**. Belo Horizonte – MG, EPAMIG, Informe Agropecuário, v.22, n.209, p.21-25, 2001

CARVALHO, S. A., GRAF, C. C. D. & VIOLANTE, A. R. Produção de material básico e propagação. **Citros**, Cap. de Livro, 38 pg, 2005

CASTLE, W.S. & ROUSE, R. E. Total mineral nutrient of Florida citrus nursery plants. **Proceedings of Florida State for Horticultural Society**, v.103, p.42-44, 1990.

FERRAREZI, R. S., BATAGLIA, O. C., FURLANI, P. R. SCHAMMASS, E. A.: Iron sources for citrus rootstock development grown on pine bark/vermiculite mixed substrate. **Scientia Agricola (Piracicaba, Brasil.)**, v.64, n.5, p.520-531, 2007.

FORTES, L. de A. Processos de produção de porta-enxerto limoeiro (*Citrus limonia* Osbeck cv. Cravo) em vasos. **Lavras - MG, 1991. 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.**

FRANCESCATO, R. D. C. Influência de frequência de irrigação, substrato e adubo de liberação lenta na produção de porta-enxerto cítrico limão Cravo (*Citrus limonia* Osbeck). **Piracicaba - SP, 1995. 98p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.**

FUNDECITRUS – Fundo de Defesa da Citricultura – site da internet – **acesso em 08 de fevereiro de 2008.**

GARCIA-MINA, J., CANTERA, R. G. & ZAMARREÑO, A. Interaction of different iron chelates with an alkaline and calcareous soil: a complementary methodology to evaluate the performance of iron compounds in the correction of iron chlorosis. **Journal of Plant Nutrition**, v. 26, n. 10 & 11, p. 1943-1954, 2003.

HERNÁNDEZ-APAOLAZA, L., ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, A. & LUCENA J. J. Chromatographic determination of commercial Fe (III)-chelates. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. (11 & 12), p. 2035-2045, 2000.

JONES, W. W. & SMITH, P. Nutrient deficiency in citrus. In: HOWARD, B. & SPAGUE, H.B.,eds. **Hunger signs in crops**. 3.ed. Nova Iorque, David Mc Kay Company, 1964, p. 353-383.

LUCENA, J. J., MANZANARES, M., & GÁRATE, A. A test to evaluate the efficacy of commercial Fe-chelates. **Journal of Plant Nutrition**, v. 15, n. 10, p. 1553-1566, 1992a.

MAGALHÃES, A. F. J.: Nutrição mineral e adubação dos citros irrigados. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica**, Cruz das Almas-BA, 79, 12p, 2006.

MATTOS JUNIOR, D. DE, BATAGLIA, O. C. & QUAGGIO, J. A. Nutrição dos Citros. **Citros**, Cap. de Livro, 17pg, 2005.

PARKER, D. R.; NORVELL, W. A. & CHANEY, R. L. GEOCHEM-PC: A chemical speciation program for IBM and compatible personal computers. In: R.H. LOEPPERT et al (ed.) Soil chemical equilibria and reaction models. **Soil Science Society of America Special Publication**, 42, Madison, WI, p.253-269, 1995.

POMPEU JUNIOR, J: Porta enxertos. **Citros**, Cap. de Livro, 43pg, 2005.

SERRANO, L. A. L. Sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico (Citrus limonia Osbeck cv. Cravo). Campos dos Goytacazes – RJ, 2003. 97p. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias.**

ZANETTI, M., CAZETTA, J. O., MATTOS JUNIOR, D. ; CARVALHO, S. A. . Influência do extrato pirolenhoso na calda de pulverização sobre o teor foliar de nutrientes em limoeiro 'Cravo'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 529-533, 2004.

7 ANEXOS

Anexo 1 – Concentrações das soluções nutritivas envolvendo tratamentos com doses de Cu-EDTA na presença de Fe-citrato. pH 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Elemento	mmol/L		
Ca	3,80	3,80	3,80
K	4,71	4,71	4,71
Mg	1,23	1,23	1,23
N-NH ₄	1,32	1,32	1,32
N-NO ₃	14,00	14,00	14,00
PO ₄	0,68	0,68	0,68
SO ₄	0,67	0,67	0,67
	μmol/L		
B	18,54	18,54	18,54
Citrato	35,81	35,81	35,81
Cu	39,35	78,70	118,00
EDTA	39,35	78,70	118,00
Fe	35,81	35,81	35,81
Mn	10,16	10,16	10,16
Mo	1,04	1,04	1,04
Na	78,70	157,40	236,00
Zn	3,24	3,24	3,24

Anexo 2 – Concentrações das soluções nutritivas envolvendo tratamentos com doses de Sulfato de Cu na presença de Fe-citrato. pH 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Elemento	mmol/L		
Ca	3,80	3,80	3,80
K	4,71	4,71	4,71
Mg	1,23	1,23	1,23
N-NH ₄	1,32	1,32	1,32
N-NO ₃	14,00	14,00	14,00
PO ₄	0,68	0,68	0,68
SO ₄	0,71	0,75	0,79
	μmol/L		
B	18,54	18,54	18,54
Citrato	35,81	35,81	35,81
Cu	39,35	78,70	118,00
Fe	35,81	35,81	35,81
Mn	10,16	10,16	10,16
Mo	1,04	1,04	1,04
Zn	3,24	3,24	3,24

Anexo 3 – Concentrações das soluções nutritivas envolvendo tratamentos com doses de Cu-EDTA na presença de Fe-EDTA. pH 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Elemento	mmol/L		
Ca	3,80	3,80	3,80
K	4,71	4,71	4,71
Mg	1,23	1,23	1,23
N-NH ₄	1,32	1,32	1,32
N-NO ₃	14,00	14,00	14,00
PO ₄	0,68	0,68	0,68
SO ₄	0,64	0,64	0,64
	μmol/L		
B	18,54	18,54	18,54
Cu	39,35	78,70	118,00
EDTA	75,16	114,60	153,80
Fe	35,81	35,81	35,81
Mn	10,16	10,16	10,16
Mo	1,04	1,04	1,04
Na	114,60	193,20	271,60
Zn	3,24	3,24	3,24

Anexo 4 – Concentrações das soluções nutritivas envolvendo tratamentos com doses de Sulfato de Cu na presença de Fe-EDTA. pH 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Elemento	mmol/L		
Ca	3,80	3,80	3,80
K	4,71	4,71	4,71
Mg	1,23	1,23	1,23
N-NH ₄	1,32	1,32	1,32
N-NO ₃	14,00	14,00	14,00
PO ₄	0,68	0,68	0,68
SO ₄	0,71	0,75	0,79
	μmol/L		
B	18,54	18,54	18,54
Cu	39,35	78,70	118,00
EDTA	35,81	35,81	35,81
Fe	35,81	35,81	35,81
Mn	10,16	10,16	10,16
Mo	1,04	1,04	1,04
Na	35,81	35,81	35,81
Zn	3,24	3,24	3,24

Anexo 5 – Formas químicas esperadas na solução nutritiva contendo Cu-EDTA e Fe-EDTA. pH = 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Forma química		Fe ³⁺	
% na forma sólida com PO ₄	6,96	6,73	6,67
% complexado com EDTA	93,03	93,26	93,32
		Mn ²⁺	
% como metal livre	96,24	96,22	96,24
% complexado com SO ₄	2,95	2,95	2,95
% complexado com EDTA	0,81	0,84	0,82
		Cu ²⁺	
% como metal livre	0,15	0,14	0,15
% complexado com EDTA	99,84	99,84	99,84
		Zn ²⁺	
% como metal livre	22,46	22,02	22,41
% complexado com SO ₄	0,69	0,67	0,69
% complexado com PO ₄	0,64	0,62	0,63
% complexado com EDTA	75,67	76,15	75,73
% complexado com NO ₃	0,44	0,44	0,44
% complexado com OH ⁻	0,09	0,09	0,09
		PO ₄	
% complexado com Ca ²⁺	7,03	6,92	6,92
% complexado com Mg ⁺	0,92	0,92	0,92
% na forma sólida com Fe ³⁺	0,37	0,36	0,35
% complexado com H ⁺	91,68	91,80	91,80
		EDTA	
% complexado com Ca ²⁺	0,03	0,02	0,01
% complexado com Fe ³⁺	44,32	29,15	21,73
% complexado com Mn ²⁺	0,11	0,07	0,05
% complexado com Cu ²⁺	52,27	68,60	76,61
% complexado com Zn ²⁺	3,27	2,16	1,60

Anexo 6 – Formas químicas esperadas na solução nutritiva contendo Sulfato de Cu e Fe-EDTA. pH = 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Forma química		Fe ³⁺	
% na forma sólida com PO ₄	98,63	99,67	99,67
% complexado com EDTA	1,36	0,32	0,32
		Mn +2	
% como metal livre	96,67	96,51	96,33
% complexado com SO ₄	3,32	3,49	3,66
% complexado com EDTA	0,01		
		Cu ²⁺	
% como metal livre	9,59	21,18	14,53
% complexado com SO ₄	0,41	0,96	0,70
% complexado com NH ₃	0,03	0,08	0,05
% complexado com PO ₄	0,26	0,56	0,37
% na forma sólida com PO ₄	0,00	31,23	53,70
% complexado com EDTA	89,41	45,31	30,21
% complexado com NO ₃	0,24	0,53	0,36
% complexado com OH ⁻	0,05	0,11	0,07
		Zn ²⁺	
% como metal livre	88,32	91,13	91,09
% complexado com SO ₄	3,03	3,29	3,46
% complexado com PO ₄	2,41	2,42	2,32
% complexado com EDTA	4,13	0,98	0,95
% complexado com NO ₃	1,75	1,81	1,80
% complexado com OH ⁻	0,37	0,38	0,38
		PO ₄	
% complexado com Ca ²⁺	6,67	6,48	6,20
% complexado com Mg ⁺	0,87	0,85	0,81
% na forma sólida com Fe ³⁺	5,22	5,28	5,28
% complexado com Cu ²⁺	0,02	0,07	0,06
% complexado com Zn ²⁺	0,01	2,42	6,25
% complexado com Zn ²⁺	0,00	0,01	0,01
% complexado com H ⁺	87,21	84,89	81,38
		EDTA	
% complexado com Fe ³⁺	1,36	0,32	0,32
% complexado com Cu ⁺	98,27	99,59	99,59
% complexado com Zn ²⁺	0,37	0,09	0,09

Anexo 7 – Formas químicas esperadas na solução nutritiva contendo Sulfato de Cu e Fe-citrato. pH = 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Forma química		Fe ³⁺	
% na forma sólida com PO ₄	98,90	99,32	99,30
% complexado com citrato	1,09	0,67	0,69
		Mn ²⁺	
% como metal livre	96,50	96,40	96,23
% complexado com SO ₄	3,31	3,49	3,66
% complexado com citrato	0,18	0,11	0,11
		Cu ²⁺	
% como metal livre	23,61	21,24	14,57
% complexado com SO ₄	1,02	0,97	0,70
% complexado com NH ₃	0,09	0,08	0,05
% complexado com PO ₄	0,65	0,56	0,37
% na forma sólida com PO ₄	0,00	36,17	56,89
% complexado com citrato	73,93	40,33	26,98
% complexado com NO ₃	0,59	0,53	0,36
% complexado com OH ⁻	0,12	0,11	0,07
		Zn ²⁺	
% como metal livre	89,80	90,61	90,58
% complexado com SO ₄	3,08	3,28	3,45
% complexado com PO ₄	2,45	2,39	2,29
% complexado com citrato	2,52	1,54	1,51
% complexado com NO ₃	1,78	1,80	1,79
% complexado com OH ⁻	0,37	0,38	0,38
% complexado com citrato	7,66	6,46	5,75
% complexado com EDTA	27,52	35,16	39,64
% complexado com NO ₃	1,18	1,07	1,00
% complexado com OH ⁻	0,25	0,22	0,21
		PO ₄	
% complexado com Ca ²⁺	6,66	6,45	6,17
% complexado com Mg ⁺	0,87	0,85	0,81
% na forma sólida com Fe ³⁺	5,24	5,26	5,26
% complexado com Cu ²⁺	0,04	0,07	0,06
% na forma sólida com Cu ²⁺	0,00	2,81	6,62
% complexado com Zn ²⁺	0,01	0,01	0,01
% complexado com H ⁺	87,18	84,56	81,06
		Citrato	
% como ligante livre	0,28	0,17	0,17
% complexado com Ca ²⁺	12,76	7,73	7,52
% complexado com Mg ⁺	3,27	1,98	1,93
% complexado com Fe ³⁺	1,09	0,67	0,69
% complexado com Mn ²⁺	0,05	0,03	0,03
% complexado com Cu ²⁺	81,23	88,61	88,88
% complexado com Zn ²⁺	0,23	0,14	0,14
% complexado com H ⁺	1,08	0,65	0,64

Anexo 8 – Formas químicas esperadas na solução nutritiva contendo Cu-EDTA e Fe-citrato. pH = 5,50.

Concentração de Cu (mg.L ⁻¹)	2,5	5,0	7,5
Forma química		Fe ³⁺	
% na forma sólida com PO ₄	81,49	76,42	72,76
% complexado com citrato	5,28	4,88	4,73
% complexado com EDTA	13,22	18,69	22,50
		Mn ²⁺	
% como metal livre	95,94	95,95	95,96
% complexado com SO ₄	3,11	3,11	3,11
% complexado com citrato	0,84	0,78	0,75
% complexado com EDTA	0,11	0,16	0,19
		Cu ²⁺	
% como metal livre	0,93	0,69	0,59
% complexado com SO ₄	0,04	0,03	0,02
% complexado com PO ₄	0,03	0,02	0,02
% complexado com citrato	13,31	9,22	7,29
% complexado com EDTA	85,67	90,02	92,06
% complexado com NO ₃	0,02	0,02	0,01
		Zn ²⁺	
% como metal livre	59,80	53,88	0,39
% complexado com SO ₄	1,94	1,75	1,63
% complexado com PO ₄	1,65	1,47	1,38
% complexado com citrato	7,66	6,46	5,75
% complexado com EDTA	27,52	35,16	39,64
% complexado com NO ₃	1,18	1,07	1,00
% complexado com OH ⁻	0,25	0,22	0,21
		PO ₄	
% complexado com Ca ²⁺	6,62	6,71	6,64
% complexado com Mg ⁺	0,88	0,88	0,89
% na forma sólida com Fe ³⁺	4,05	4,32	3,85
% complexado com H ⁺	88,44	88,09	88,61
		EDTA	
% complexado com Fe ³⁺	12,03	8,50	6,83
% complexado com Mn ²⁺	0,03	0,02	0,02
% complexado com Cu ²⁺	85,67	90,02	92,06
% complexado com Zn ²⁺	2,27	1,45	1,09
		Citrato	
% como ligante livre	1,28	1,20	1,14
% complexado com Ca ²⁺	57,98	54,25	51,65
% complexado com Mg ⁺	14,88	13,92	13,25
% complexado com K ⁺	0,04	0,04	0,04
% complexado com Fe ³⁺	5,35	4,94	4,78
% complexado com Mn ²⁺	0,24	0,22	0,21
% complexado com Cu ²⁺	14,62	20,25	24,02
% complexado com Zn ²⁺	0,69	0,58	0,52
% complexado com H ⁺	4,91	4,60	4,38

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)