

CLÁUDIA FABIANA ALVES REZENDE

**CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM
MUDAS CÍTRICAS CULTIVADAS EM AMBIENTE PROTEGIDO
NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador:
Prof.^a Dr.^a Eliana Paula Fernandes

Co-orientador:
Prof. Dr. Ronaldo Veloso Naves

Goiânia, GO - Brasil
2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(GPT/BC/UFG)

Rezende, Cláudia Fabiana Alves.

R467c Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido no Estado de Goiás [manuscrito] / Cláudia Fabiana Alves Rezende. – 2009.

82 f. : il., figs., tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes; Co-orientador: Ronaldo Veloso Naves.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2009.

Bibliografia: f.65-71.

Inclui lista de tabelas e de figuras.

Apêndices.

1. Mudas cítricas – Goiás [Estado] 2. Fitomassa 3. Nutrição mineral 4. Nutrientes – Marcha de absorção I. Fernandes, Eliana Paula II. Naves, Ronaldo Veloso III. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. IV. Título.

CDU: 634.3:635.03(817.3)

*Aos meus pais Sandoval e Denize, por tudo que significam para mim,
A minha irmã e meu cunhado pelos momentos divididos juntos
E a minha sobrinha Isadora, por sempre me alegrar.*

*Ao meu querido marido Daniel pelo incentivo, companheirismo e amor em
todas as horas,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por minha existência e por todas as bênçãos recebidas.

À Universidade Federal de Goiás – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Mestrado.

A Professora Dr^a. Eliana Paula Fernandes, pela oportunidade de convivência, paciência, amizade e entusiasmo que sempre me motivou.

Ao Professor Dr. Ronaldo Veloso Naves, pela co-orientação, amizade e pelos valorosos ensinamentos que levarei por toda a minha vida.

Ao Professor Dr. Wilson Mozena Leandro, por me ajudar e orientar nas análises estatísticas.

E a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao proprietário do Viveiro Plante, Eng. Agr. Marcelo Ferreira da Silva, pela oportunidade e pela cessão das mudas de citros, objetivo deste trabalho.

Aos funcionários e estagiários do Setor de Solos, pela colaboração no decorrer dos trabalhos de pesquisa.

Aos colegas do programa de pós-graduação, em especial, Héria, Leonardo, Tatiely e Juliano, pelo convívio e amizade. E a amiga Fernanda Patrícia, pelo apoio.

À minha mãe, que nunca deixou que eu desanimasse.

Ao meu marido Daniel, por estar ao meu lado em todos os momentos, pela paciência, amizade, amor, dedicação e incentivo a prosseguir, me ajudando a vencer os inúmeros obstáculos que surgiram no caminho.

A toda a minha família que sempre esteve do meu lado me incentivando.

A todos que de contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADEÇO.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 OS CITROS	13
2.1.1 Importância Econômica	13
2.1.2 Características Botânicas e Fenológicas	14
2.1.3 Propagação	16
2.1.4 Substratos	18
2.1.5 Exigências Nutricionais	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	26
3.2 PORTA-ENXERTOS E COPAS UTILIZADOS	26
3.3 MANEJO DE ADUBAÇÃO	29
3.4 VARIÁVEIS ESTUDADAS	29
3.5 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS	30
3.6 ANÁLISE QUÍMICA – TECIDO VEGETAL	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA	32
4.2 ANÁLISE DO SUBSTATO	36
4.3 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NAS PARTES DAS PLANTAS ..	40
4.4 ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES	44
4.4.1 Nitrogênio	45
4.4.2 Fósforo	47
4.4.3 Potássio	48
4.4.4 Cálcio	50
4.4.5 Magnésio	52
4.4.6 Enxofre	53
4.5 ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES	55
4.5.1 Cobre	56
4.5.2 Ferro	57
4.5.3 Manganês	58
4.5.4 Zinco	60
5 CONCLUSÕES	62
6 REFERÊNCIAS	63
APÊNDICES	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias de acúmulo de fitomassa seca (g planta^{-1}), número de folhas, diâmetro (mm) e altura do caule (cm) em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, Goiânia, GO.	33
Tabela 2. Coeficientes de correlação obtidos entre as variáveis biométricas analisadas durante a formação de mudas cítrica cultivadas em ambiente protegido, Goiânia – GO.	35
Tabela 3. Concentração de nutrientes no substrato durante a formação de mudas cítricas, cultivadas em ambiente protegido no cerrado goiano em 12 épocas de amostragem, durante o manejo de adubação, Goiânia – GO.	38
Tabela 4. Coeficientes de correlação obtidos entre os nutrientes presentes no substrato durante a formação de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, Goiânia – GO.	38
Tabela 5. Concentração de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em raiz de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.	41
Tabela 6. Concentração de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em caule de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.	41
Tabela 7. Concentração de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) nas folhas de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.	42
Tabela 8. Concentração total de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.	42
Tabela 9. Absorção total de macronutrientes (g planta^{-1}) e micronutrientes (mg planta^{-1}) em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mudas cítricas em diversas fases de desenvolvimento: A – Viveiro (vista externa); B – mudas em tubetes com 30 dias após germinação; C – início do desenvolvimento da borbulha após enxertia; D – mudas aos 360 dias.	27
Figura 2.	Distribuição percentual da fitomassa seca, média acumulada em diferentes partes de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia – GO.	33
Figura 3.	Acúmulo de fitomassa média em folha, caule, raiz e planta inteira em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, Goiânia - GO.	34
Figura 4.	Condutividade elétrica do substrato de mudas cítricas nas seis épocas de coleta.	40
Figura 5.	Acúmulo total de macronutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	44
Figura 6.	Extração de nitrogênio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	46
Figura 7.	Extração de fósforo na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	48
Figura 8.	Extração de potássio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	49
Figura 9.	Extração de cálcio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	51
Figura 10.	Extração de magnésio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	53
Figura 11.	Extração de enxofre na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	54
Figura 12.	Acúmulo total de micronutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	55
Figura 13.	Extração de cobre na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	56
Figura 14.	Extração de ferro na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.	58

- Figura 15.** Extração de manganês na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta. 60
- Figura 16.** Extração de zinco na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta. 61

RESUMO

REZENDE, C. F. A. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido no estado de Goiás.** 2009, 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009¹.

O atual programa para produção de mudas cítricas certificadas no estado de Goiás determina que as mudas devem ser produzidas em ambiente protegido por tela aprova de insetos vetores e cultivadas em recipientes com substrato livre de patógenos. O agronegócio citrícola em Goiás tem um grande potencial de produção e poucas são as informações sobre a base de um pomar bem formado, a muda. Conhecer a marcha de absorção de nutrientes de mudas cítricas é condição indispensável. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a marcha de absorção de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido no estado de Goiás. O experimento foi realizado sob estufa comercial no município de Goiânia, GO, de junho de 2007 à maio de 2008. O porta-enxerto utilizado foi o limão cravo e variedade copa a laranja pera. A fertirrigação foi fornecida após o transplântio das mudas, três vezes por semana e com os nutrientes: N = 226; P = 150; K = 176; Ca = 190; Mg = 288; S = 128,8; Fe = 3,0; Zn = 30; Cu = 48 e Mn 25 g 1000 L⁻¹. A cada 30 dias, após a emergência, foram avaliados os seguintes parâmetros: características químicas do substrato, avaliação dos dados biométricos, produção de fitomassa e teores acumulados de macro e micronutrientes nas mudas cítricas em função da idade da planta. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em arranjo split-plot, sendo as parcelas (raiz, caule, folha e planta inteira) e subparcelas o estágio de desenvolvimento (30 a 360 dias após a emergência) com três repetições. Na determinação da altura e crescimento das mudas, foi utilizada uma régua graduada em centímetros, tomando como referência à distância do colo ao ápice da muda. O diâmetro foi medido na região do colo da planta com a utilização de um paquímetro digital com precisão para 0,01 mm. O total de fitomassa acumulado pelas mudas no final de sua formação foi de 31,66 g planta⁻¹. O N, Ca, Mg e Cu acumularam-se mais nas folhas. Já o P teve sua maior concentração média observada no caule. O K, S, Fe, Mn e Zn acumularam-se em maior quantidade nas raízes. Os macronutrientes foram absorvidos em maior quantidade na seguinte ordem: N > Ca > K > P > Mg > S. Os micronutrientes foram absorvidos em maior quantidade na seguinte ordem: Fe > Mn > Cu > Zn. O maior acúmulo de nutrientes ocorre dos 150 a 180 dias após a emergência e aos 300 dias após a emergência. Os teores médios de macronutrientes acumulado em laranja pera sobre porta-enxerto limão cravo em g planta⁻¹ foram: N – 1,058; P – 0,236; K – 0,632; Ca – 0,871; Mg – 0,143 e S – 0,105. Os teores médios acumulado de micronutrientes em mg planta⁻¹ foram: Cu – 0,2036; Fe – 2,1188; Mn – 0,8694 e Zn – 0,0534. O acúmulo de macronutrientes nas partes da planta obedeceu a seguinte ordem: folha > caule > raiz, e o acúmulo de micronutrientes obedeceram a seguinte ordem: raiz > folha > caule.

Palavras-chave: mudas cítricas, fitomassa, nutrição mineral, marcha de absorção.

¹Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes. EA-UFG.
Co-orientador: Prof. Dr. Ronaldo Veloso Naves. EA-UFG.

ABSTRACT

REZENDE, C. F. A. **March of growth and absorption of nutrients in citrus nursery grown in protected environments in the state of Goiás.** 2009, 81f. Dissertation (Masters in Agricultural Production Plant) Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009¹.

The current program to produce certified citrus nursery in the state of Goiás provides that the seedlings must be grown in protected environment for screen approves of insect vectors and grown in containers with substrate free of pathogens. The citrus agribusiness in Goiás has a great potential for production and there are few information on the basis of an orchard and made the changes. Meet the march of absorption of nutrients in citrus nursery is a prerequisite. The objective of this study was to evaluate the march of growth and absorption of nutrients in citrus nursery grown in greenhouse in the state of Goiás. The experiment was conducted under commercial greenhouse in the municipality of Goiânia, GO, June 2007 to May 2008. The door-graft was used lemon and clove to orange pear scion variety. The fertigation was provided after transplanting of seedlings, three times a week and the nutrients: N = 226, P = 150, K = 176, Ca = 190, Mg = 288, S = 128.8, Fe = 3.0, Zn = 30, Cu = 48 and Mn = 25 g 1000 L⁻¹. Every 30 days, after emergence, were assessed the following parameters: chemical characteristics of the substrate, evaluation of biometric data, production of biomass and accumulated levels of macronutrients and micronutrients in citrus nursery by age of the plant. The experimental design was completely randomized, in a split-plot, with plots (root, stem, leaf and whole plant) and subplots the stage of development (30 to 360 days after emergence) with three replications. In determining the height and growth of seedlings, we used a ruler graduated in centimeters, taking as reference the distance from the neck to the apex of the changes. The diameter was measured in the neck of the plant using a digital caliper accurate to 0.01 mm. The total biomass accumulated by the seedlings at the end of their training was 31.66 g.plant⁻¹. The N, Ca, Mg and Cu is accumulated more in leaves. The P has had its highest average concentration observed in the stem. The K, S, Fe, Mn and Zn are accumulated in greater quantity in the roots. The nutrients are absorbed in greater quantity in the following order: N > Ca > K > P > Mg > S. The micronutrients were absorbed in greater quantity in the following order: Fe > Mn > Cu > Zn. The higher accumulation of nutrients occurs from 150 to 180 days after emergence and 300 days after emergence. The average levels of nutrients accumulated in orange pear on the rootstock on lemon clove g plant⁻¹ were: N – 1.058, P – 0.236, K – 0.632, Ca – 0.871, Mg – 0.143 and S – 0.105. The cumulative average levels of micronutrients in mg plant⁻¹ were: Cu - 0.2036, Fe - 2.1188, Mn - 0.8694 and Zn - 0.0534. The accumulation of nutrients in parts of the plant followed the following order: leaf > stem > root, and the accumulation of micronutrients in the following order: root > leaf > stem.

Keywords: citrus nursery, mineral nutrition, march absorption.

¹ Adviser: Prof.^a. Dr.^a. Eliana Paula Fernandes. EA-UFG.
Co-adviser: Prof. Dr. Ronaldo Veloso Naves. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio citrícola brasileiro movimentava cerca de cinco bilhões de dólares anualmente, considerando apenas os produtores de frutos e indústrias exportadoras de suco concentrado de laranja. A exportação de suco concentrado de laranja na safra 2007/2008 foi de 1.271.634 toneladas (Associtrus, 2008).

A produção de laranja segundo o IBGE (2008) na safra 2007/2008 foi de 18.500.478 t e a produção estimada para a safra 2008/2009 é de 18.579.540 t, um aumento de 0,4 %. A área plantada tem previsão de aumento de 2,5 % de 801.370 ha para 821.022 ha (GCEA/IBGE, 2008).

A posição de destaque da citricultura brasileira no contexto mundial deve-se acima de tudo, às características da produção, que não é estimulada por condições econômicas artificiais e/ou programas governamentais. Outros fatores positivos da produção são: diversificação do uso da propriedade agrícola; possibilidade da utilização de diferentes mecanismos de comercialização da fruta; possibilidade de acesso a linhas de financiamento governamentais e privadas para a aquisição de insumos; formação de associação regional de produtores de citros; e conformidade ambiental e social da produção citrícola (Neves et al., 2007).

O país ainda deixa muito a desejar no que diz respeito a produtividade. A média nacional encontra-se entre 2,1 a 2,3 caixas por planta, enquanto nos Estados Unidos a média chega a 4,0 caixas por planta (Bologna, 2003).

Um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento da citricultura são as mudas, pois constituem a base da formação dos pomares e terão reflexo durante toda a vida útil. Nos últimos anos, a produção de mudas cítricas no Estado de Goiás sofreu uma drástica modificação com a Instrução Normativa nº. 008 de 2003, a partir de janeiro de 2004 ficou proibida a aquisição de plantas cítricas de outras Unidades da Federação que utilizassem viveiros à “céu aberto”. Além disso, desde janeiro de 2005 as sementeiras para produção de porta-enxertos e borbulheiras devem ser produzidas em viveiro telado com tela anti-afídeos e desde janeiro de 2006 todo o

sistema de produção de mudas cítricas, da produção de porta-enxertos até a muda pronta, deve estar sob viveiro telado com tela anti-afídeos.

Pode-se observar na literatura pouca informação sobre o sistema de produção de mudas em ambiente telado, havendo muitos questionamentos e dúvidas sobre como proceder a respeito dos métodos de adubações específicas (substrato, adubos de liberação lenta, adubos foliares) para cada porta-enxerto, para cada variedade copa utilizada, melhor manejo para o método de irrigação utilizado.

Cada viveirista acaba adotando sua própria metodologia de produção de mudas e em Goiás isto ainda se torna pior, pois o pacote tecnológico utilizado não foi desenvolvido para a região. Fazendo com o que os viveirista acabem utilizando doses inadequadas de fertilizantes do que realmente as mudas necessitariam para o seu completo desenvolvimento.

Quando avaliamos o custo de produção da muda cítrica em ambiente protegido, o custo dos fertilizantes é de 14 %, o do substrato 20 %, totalizando 34 % do custo (Cabrera, 2004). Com o melhor manejo da fertirrigação os viveiristas poderiam reduzir o custo de produção da muda.

O Estado de Goiás apesar de possuir condições edafo-climáticas adequadas para o cultivo dos citros, sua exploração é ainda pequena. A produção é quase toda destinada ao mercado local de frutas frescas e a escolha das variedades tem sido determinada pela preferência deste mercado.

A pesquisa é motivada pela necessidade de racionalização do processo de produção de mudas dentro de um novo modelo que vem sendo implantado dentro da citricultura em Goiás, com o objetivo de promover padrões para nutrição de mudas que possam ser seguidos pelos viveiristas, de forma a minimizar os custos de produção.

Objetivou-se neste trabalho determinar a marcha de absorção de nutrientes e o crescimento de mudas cítricas produzidas em ambiente protegido e estabelecer as exigências nutricionais em função do estágio fenológico da cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 OS CITROS

2.1.1 Importância econômica

No mundo a produção anual de todos os tipos de citros supera 108 milhões de toneladas, abrangendo uma área de quase 7,5 milhões de hectares. Isto é quase 50 % a mais que o nível de produção no final da década de oitenta e início da década de noventa. A média mundial de produção está em torno de 12 t ha⁻¹ a 15 t ha⁻¹, mas os países com produções mais intensas têm uma média nacional de 25 t ha⁻¹ a 35 t ha⁻¹; os melhores produtores, nas regiões mais favoráveis, alcançam 45 t ha⁻¹ a 60 t ha⁻¹ (FAO, 2003).

O país é responsável por quase um quarto da produção mundial citrícola, 75 % da qual é processada pela indústria para fazer suco. O Brasil e os Estados Unidos juntos constituem mais de 90 % da produção de suco de laranja mundial. Outros países líderes na produção de citros são China e México. A China aumentou significativamente seus níveis de produção de laranja durante os últimos 20 anos, junto com seu mercado tradicional de tangerina (10,24 t ha⁻¹) (FAO, 2003).

A perspectiva para o sistema agroindustrial de polpas e sucos de frutas é positiva, pois seu crescimento médio anual foi de 27,7 %, aproximadamente 13 vezes maior que o do PIB (Produto Interno Bruto) e da indústria geral (Neves et al., 2007). No Brasil, a área plantada com frutas cítricas está ao redor de 803 mil hectares e a produção de 2007 superou 18 milhões de toneladas, a maior no mundo há alguns anos (IBGE, 2007). São Paulo concentra 79 % da produção brasileira de laranja, em mais da metade de seus municípios. O Estado é responsável por 95 % das exportações de suco de laranja. O SLCC ocupou a segunda posição nas exportações paulistas em 2003 (Neves & Lopes, 2005).

Hoje, a maior parte da produção brasileira de citros destina-se à indústria de suco, que está concentrada no Estado de São Paulo. O setor emprega diretamente cerca de 400 mil pessoas; é atividade econômica essencial de 322 municípios paulistas e 11

mineiros, gera divisas superiores a US\$ 1 bilhão anuais, no centro de uma cadeia que gera um PIB equivalente a US\$ 5 bilhões. As exportações de suco de laranja se mantêm desde 1994, entre 1,1 e 1,2 milhões de toneladas (Abecitros, 2007).

O Estado de São Paulo é também o principal produtor interno da lima ácida e da tangerina. Em 2002, gerou 81 % da colheita de lima, seguido pela Bahia (4 %), Rio de Janeiro (3 %), Rio Grande do Sul (3 %) e Espírito Santo (2 %). No mesmo ano, a tangerina paulista foi responsável por 48 % da safra nacional, seguida pelo Paraná (25 %), Rio Grande do Sul (13 %), Minas Gerais (4 %), Rio de Janeiro (4 %) e Espírito Santo (1 %), segundo dados tabulados pelo Cepea/ESALQ, com base no IBGE (2007).

A produção de citros no Estado de Goiás alcançou, em 2006, oito mil hectare em mais de setenta municípios. A maior representatividade vem da produção de laranja, aproximadamente 120 mil toneladas, além de contar com novecentos hectares de tangerina e outros seiscentos hectares com limas/limões (IBGE, 2007).

2.1.2 Características botânicas e fenológicas

O gênero *Citrus* é o ponto mais alto de um longo período evolutivo, cujo início remonta a mais de 20 milhões de anos (Swingle & Reece, 1967). As plantas cítricas são originárias da Ásia, mas o exato local de origem é motivo de controvérsia. Alguns autores afirmam que os *Citrus* teriam surgido no sudeste asiático, nas regiões que incluem hoje Índia, China, Butão, Birmânia e Malásia (Abecitrus, 2007). Em regiões úmidas tropicais e sub-tropicais do continente asiático e ilhas adjacentes (Webber, 1967). Embora originário dos trópicos úmidos, com características mesofíticas, apresentam uma ampla área de dispersão no mundo. Como cultivo comercial de expressão econômica, a superfície é reduzida, restringindo-se às regiões sub-tropicais, entre 20° e 40° de latitude nos dois hemisférios (Rodriguez, 1991). No Brasil foram introduzidas pelas primeiras expedições colonizadoras, provavelmente na Bahia (Andrade, 1930).

A trajetória da laranja pelo mundo é conhecida apenas de forma aproximada. Segundo pesquisadores, ela foi levada da Ásia para o norte da África e de lá para o sul da Europa, onde teria chegado na Idade Média. Da Europa foi trazida para as Américas na época dos descobrimentos, por volta de 1.500. A laranja espalhou-se pelo mundo dando origem a novas variedades (Abecitrus, 2007).

Os *Citrus* pertencem à família *Rutaceae*, subfamília *Aurantioideae*, tribu *Citreae*, subtribu *Citrinae*, sendo os principais gêneros: *Fortunella*, *Poncirus* e *Citrus* (MCT/Centec, 2004).

Ao gênero *Citrus* pertencem às espécies de valor econômico como as laranjas doces, tangerinas, limas, limões e pomelos. O *Poncirus* possui apenas uma espécie de importância econômica na citricultura brasileira, usada como porta-enxerto: o *Poncirus trifoliata*. Ao gênero *Fortunella* pertencem as frutas conhecidas como cunquate, de pouca importância econômica (MCT/Centec, 2004).

Os *Citrus* são plantas perenes, arbóreas ou arbustivas e lenhosas. Tanto o tronco quanto os galhos podem apresentar espinhos. São de folhagem persistente, com exceção da espécie *Poncirus trifoliata*, que tem folhas caducas. Outra característica desta espécie são as folhas compostas de três folíolos, expresso por um gene simples dominante sobre a folha simples. Todos os outros citros têm folhas simples. As folhas são alternadas e providas de pontos translúcidos (glândulas oleríferas) e pecíolos curtos, alados ou não, conforme a espécie ou variedade (Sonnenberg, 1985).

As plantas cítricas são verdes durante todo o ano, não apresentando período de repouso (Smith, 1966). As folhas podem persistir de um a três anos, havendo, então, num mesmo ano, folhas de ciclos diferentes. Uma planta adulta apresenta de cinquenta a cem mil folhas, produzindo mais ou menos dez mil flores na primavera, das quais somente mil ou dois mil podem chegar à maturação (Malavolta & Violante Netto, 1989).

O fruto cítrico é uma baga típica chamada hesperídio, onde se diferenciam o pericarpo e a semente. O pericarpo é a parte formada pelo exocarpo, mesocarpo e endocarpo. O exocarpo ou flavedo é a região mais externa e constitui a parte visível da casca, formada por células epidérmicas de cor verde quando o fruto está imaturo, e de coloração amarela ou laranja quando o fruto está maturo (Augustí et al., 1995).

O mesocarpo ou albedo é a região situada logo abaixo do exocarpo, formado por um tecido branco e esponjoso, constituído de células parenquimáticas e que, juntamente com o exocarpo, constitui a casca do fruto. O endocarpo é a porção mais interna do pericarpo e delimita tangencialmente os lóculos, que estão repletos de vesículas de suco e delimitados radialmente por algumas membranas delgadas, formadas a partir da epiderme interna dos carpelos, denominados septos (Augustí et al., 1995).

O caule é formado por um tronco cilíndrico com ramificação normal. Quando novo apresenta coloração verde e a medida que a planta envelhece esta coloração passa

para o marrom. Os galhos e os ramos menores sustentam a copa que é densa, de formato normalmente arredondado. A madeira é dura, compacta e de coloração amarelo-claro. As raízes são do tipo pivotante podendo atingir sessenta centímetros na vertical e até dois metros na horizontal (Malavolta & Violante Netto, 1989).

2.1.3 Propagação

A muda cítrica de alta qualidade é o insumo mais importante na implantação de um pomar comercial. O caráter perene da cultura dos citros transforma a escolha da muda na chave do sucesso ou fracasso no plantio de um laranjal. Além da boa formação da muda, seu vigor e sanidade são muito importantes para conhecer a origem do enxerto e do porta-enxerto, assim como a qualidade do seu sistema radicular (Teófilo Sobrinho, 1991).

Com o advento do sistema de cultivo protegido, a produção de mudas, em geral, vem apresentando um nível tecnológico mais elevado, resultando em material de qualidade com riscos bastante reduzidos. Dessa forma, o produtor pode elaborar um cronograma de produção de mudas por um período maior e, conseqüentemente, obter melhor remuneração, como também maior estabilidade dos preços das mudas durante o ano, uma vez que fatores ambientais como temperatura, umidade, luminosidade, dentre outros, podem ser controlados, proporcionando um microclima favorável, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento das mudas. Além disso, o controle fitossanitário pode ser conduzido com mais eficiência, contribuindo para a produção de mudas sadias (Bezerra, 2003).

Utilizar mudas sadias é o primeiro passo para a formação de um parque citrícola sadio e produtivo (Neves & Lopes, 2005). Os citros podem ser propagados sexuadamente, por sementes, ou vegetativamente, por estaquia, alporquia ou enxertia. Segundo Pompeu Júnior (1991), a propagação por estaquia ou alporquia tem como principal inconveniente à suscetibilidade da maioria das variedades a gomose de *Phytophthora*.

A enxertia, que é o método mais utilizado, segundo Teófilo Sobrinho (1991), é a operação que consiste em justapor um ramo, ou um pedaço de ramo, com uma ou mais gemas, sobre outro vegetal de modo que ambos unam-se e passem a constituir um único indivíduo. O objetivo da enxertia é criar uma associação simbiótica entre dois indivíduos geneticamente diferentes, copa e porta-enxerto, que devem viver em estreito

relacionamento, mutuamente benéfico, para que a planta criada pela enxertia seja produtiva e tenha longevidade (Pompeu Júnior, 1991).

A enxertia apresenta uma série de vantagens sobre outros métodos: alta produção e uniformidade de frutos; precocidade de produção; maior facilidade na realização de tratamentos culturais e colheitas; possibilidade do uso de porta-enxertos resistentes a doenças e adaptados às condições edafo-climáticas existentes em cada região (MCT/Centec, 2004).

Os métodos mais utilizados para a enxertia são a borbulhia, a garfagem e a encostia. A borbulhia é um método de enxertia mais usado para citros, com preferência para o “T” invertido, onde fende-se o cavalo no sentido transversal, depois no sentido perpendicular de modo a formar o “T” invertido. Este método evita a penetração de água e facilita a sua execução (Teófilo Sobrinho, 1991).

A propagação por sementes é utilizada principalmente na produção de porta-enxertos, embora ainda hoje existam plantios comerciais de pé-franco, como os pomares de laranja Russas do Baixo Jaguaribe e a maioria das plantas cítricas de Santa Catarina. As plantas obtidas por sementes apresentam porte muito elevado, espinhos agressivos, início de produção bastante tardio (seis a dez anos), adoecem mais facilmente que as enxertadas e não reproduzem as características da planta mãe. Normalmente nenhuma das doenças causadas por vírus é transmitida pela semente (MCT/Centec, 2004).

A propagação por meio de semente é recomendada apenas na instalação do viveiro, por ocasião da formação de porta-enxertos (Teófilo Sobrinho, 1991).

Na propagação de citros, primeiramente, escolhe-se o porta-enxerto que será utilizado, o qual é propagado via semente. Após a extração as sementes devem ser lavadas com água corrente até a retirada total da mucilagem, recomenda-se o tratamento térmico durante dez minutos, por imersão em água morna a 52 °C, a fim de eliminar fungos (principalmente *Phytophthora* sp.). As sementes devem ser colocadas sobre folha de jornal e em local ventilado e sombreado, pode-se ainda utilizar um tratamento químico para a proteção das sementes (MCT/Centec, 2004).

Recomenda-se usar de três a quatro vezes mais sementes do que o número de mudas que se deseja obter (Rodriguez, 1991). Após a germinação, é feita a seleção e descartam-se as plântulas originadas do zigoto. As plântulas originadas da nucela são clones da planta-mãe e têm as mesmas características de

interesse agrônômico, por isso são selecionadas. Quando o porta-enxerto apresenta o diâmetro de um lápis faz-se a enxertia utilizando o método da borbulhia.

De acordo com Teófilo Sobrinho (1991), a borbulhia consiste na justaposição de uma única gema sobre um porta-enxerto. As melhores borbulhas são encontradas em ramos (novos) da espessura de um lápis e roliços, de casca verde ou esverdeada. São ramos do penúltimo surto de crescimento ou também, do antepenúltimo, antes que suas gemas entrem em brotação.

No Estado de Goiás, a preocupação em proteger a citricultura contra entrada e disseminação de pragas fez necessário estabelecer critérios e calendário para a substituição do sistema de produção de mudas cítricas a “céu aberto” pela produção em viveiros telados. Esse procedimento considerou que a utilização de mudas contaminadas é a principal forma de disseminação e estabelecimento das principais pragas em citros e que a melhor forma de evitar a contaminação é produzi-las em viveiros telados.

Com a Instrução Normativa nº. 008 de 2003, em Goiás, a partir de janeiro de 2004 ficou proibida a aquisição de plantas cítricas de outras Unidades da Federação que utilizassem viveiros à “céu aberto”. Além disso, desde janeiro de 2005 as sementeiras para produção de porta-enxertos e borbulheiras devem ser produzidas em viveiro telado com tela anti-afídeos e desde janeiro de 2006 todo o sistema de produção de mudas cítricas, da produção de porta-enxertos até a muda pronta, deve estar sob viveiro telado com tela anti-afídeos.

No Estado de São Paulo é a Portaria da Coordenadoria de Defesa e Sanidade Vegetal (CDSV) 3, de 30 de agosto de 1999, que estabelece normas para a produção de sementeiras e mudas fiscalizadas de citros em ambiente telado.

2.1.4 Substrato

Substrato é todo material sólido, natural, sintético ou residual, mineral ou orgânico, puro ou em mistura, que proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento do sistema radicular. O cultivo de plantas utilizando substratos é uma técnica amplamente empregada na maioria dos países com horticultura avançada. O termo substrato aplica-se a todo material sólido, natural, sintético, residual, mineral ou orgânico, distinto do solo, que colocado em um recipiente em forma pura ou em mistura permite o

desenvolvimento do sistema radicular, desempenhando, portanto, um papel de suporte para a planta (Abad & Noguera, 1998).

O substrato exerce a função do solo, fornecendo à planta sustentação, nutrientes, água e oxigênio. Os substratos podem ter diversas origens, animal (esterco, húmus), vegetal (tortas, bagaços, xaxim, serragem, pó de coco), mineral (vermiculita, perlita, areia) e artificial (espuma fenólica, isopor). Dentre as características desejáveis dos substratos, destacam-se: custo, disponibilidade, teor de nutrientes, capacidade de troca de cátions, esterilidade biológica, aeração, retenção de umidade, boa agregação às raízes (torrão) e uniformidade (Gonçalves, 1995).

Como características desejáveis, os substratos devem apresentar baixo custo, disponibilidade nas proximidades das regiões de consumo, suficiente teor de nutrientes, boa capacidade de troca de cátions, relativa esterilidade biológica, e permitir a aeração e a retenção de umidade (Booman, 2000), além de ser capaz de favorecer a atividade fisiológica das raízes (Gonçalves et al., 2000).

As propriedades químicas geralmente utilizadas em nível mundial para a caracterização de um substrato são: o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade e o teor percentual de matéria orgânica nele presente. O valor do pH tem grande influência no desenvolvimento das plantas pelo seu efeito na disponibilidade dos nutrientes, em especial dos micronutrientes, e na biologia dos microrganismos do substrato. A salinidade também é uma importante característica a ser analisada nos substratos, devido ao manejo da adubação, podendo ser avaliada pela condutividade elétrica (CE), cuja unidade pelo Sistema Internacional de Unidade é dS m^{-1} (decisiemens por metro), ou pela concentração de sais presentes na amostra (Kampf & Fermino, 2000).

Segundo as normas e padrões da Secretaria da Agricultura e Abastecimento de São Paulo, o substrato deve estar isento dos fungos *Armillaria* sp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani*, *Rosellina* sp. e *Sclerotinia* sp. e dos nematodos *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. e *Tylenchulus semipenetrans*, devendo ser analisado em laboratório credenciado pela Entidade Certificadora e Fiscalizadora do Estado. A maioria dos viveiros de citros tem utilizado substratos comerciais constituídos de casca de pinos, palha de arroz, serragem, bagacilho de cana, vermiculita, perlita, argila expandida, húmus ou turfa (Joaquim, 1997; Graf, 1999).

Cada substrato exige um manejo diferente, desde a fertilização até a irrigação, em função de propriedades específicas. Por isso, é muito importante trabalhar com um mesmo substrato que apresente lotes uniformes.

A salinização do substrato é um dos problemas mais frequentes no cultivo de plantas em recipientes. O valor final da salinidade da mistura deverá ser o mais baixo possível, para que o produtor possa realizar a adubação satisfatoriamente. Por isso, deve-se tomar bastante cuidado com a aplicação de fertilizantes em excesso. A toxidez por sais provoca necrose de folhas, desidratação, redução do crescimento, e, até mesmo, a morte de plantas (Joaquim, 1997).

A condutividade elétrica (CE) e o pH dos substratos são duas características muito importantes para o desenvolvimento das mudas. A CE está diretamente relacionada ao teor de sais solúveis, que pode afetar negativamente o desenvolvimento das mudas. As espécies respondem diferentemente aos teores de sais no meio de cultivo e esses devem ser mantidos em níveis aceitáveis, em torno de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Bezerra, 2003).

O nível de acidez do substrato (pH) interfere na absorção de nutrientes pelas plantas, na vida microbiana e no desenvolvimento do sistema radicular. O pH ideal deve estar em torno da neutralidade, levando-se em consideração que substratos com alta acidez devem ser corrigidos (Kampf & Fermino, 2000).

Para cada uma destas propriedades, já foram estudados e definidos padrões e faixas de valores que caracterizam as condições ideais a serem verificadas em um substrato utilizado para produção de mudas de flores e/ou frutíferas em recipientes com irrigação e fertilização ocasionais (Gruszynski, 2002).

2.1.5 Exigências nutricionais

As quantidades certas de nutrientes fornecidos às plantas nas épocas apropriadas e mantendo um bom equilíbrio entre eles, adequado a cada solo e clima, porta-enxerto, espécie e cultivar, exigem um conjunto de atenções que devem ser a preocupação constante do citricultor (Rodríguez, 1991). Pode-se encontrar, dentre os macronutrientes, a seguinte ordem decrescente de teores foliares nas laranjeiras: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$ (Kampfer & Uexkull, 1966). O cálcio é o macronutriente encontrado em maior proporção nas plantas cítricas (Marchal & Lacoeyllhe, 1969).

Dentre os questionamentos básicos requeridos quando pratica a fertirrigação, a marcha de absorção de nutrientes da cultura é o principal. Essa informação básica estabelece o mínimo de nutriente a ser disponibilizado a muda no seu ciclo para que a mesma não sofra perda em seu potencial por deficiência em uma de suas fases fenológicas, possibilitando o parcelamento correto de macro e micro nutrientes em todas as fases fenológicas do desenvolvimento, com doses baixas e freqüentes (Barbosa et al., 2003).

A produção de matéria seca de planta é utilizada para indicar a intensidade de crescimento da mesma, por sua vez, o conhecimento dos padrões de acúmulo de matéria seca de uma cultura possibilita melhor entendimento dos fatores relacionados com a nutrição mineral, conseqüentemente, com a adubação, visto que, a absorção de nutrientes é influenciada pela taxa de crescimento da planta (Marschner, 1995).

A marcha de absorção consiste no acúmulo de nutrientes em função da idade da planta expressa sob a forma de curvas. Ela fornece informações para o conhecimento das épocas em que há absorção de nutrientes em maiores proporções e, ao mesmo tempo, torna possível uma melhor definição das épocas propícias à adição dos nutrientes, sob formas prontamente disponíveis às plantas (Macedo Júnior, 1998).

Embora a marcha de absorção seja afetada pelo clima, pelas cultivares e pelos sistemas de cultivo, de modo geral, os nutrientes são absorvidos em função do ciclo e da translocação na planta (Macedo Júnior, 1998). Portanto, a curva de crescimento durante o ciclo de desenvolvimento permite observar os estágios de maior exigência em nutrientes e água pelas mudas.

A marcha de absorção de nutrientes é referência importante para o fornecimento dos mesmos em doses adequadas ao bom desenvolvimento das plantas. Assim, o estudo das quantidades dos nutrientes absorvidos durante os vários estádios de desenvolvimento da planta pode auxiliar sobremaneira na determinação da composição de substratos e adubações de cobertura durante a permanência da mesma em viveiro (Barbosa et al., 2003).

No passado quando as mudas eram cultivadas no solo, o volume explorado pelo sistema radicular era muito maior do que nos vasos de polietileno que hoje são empregados. Castle & Rouse (1990) avaliaram a extração de nutrientes por mudas cítricas cultivadas em campo e em substrato. Constataram que, apesar das doses de nutrientes aplicadas serem as mesmas nos dois sistemas, a extração de nutrientes por mudas no campo foi quase o triplo daquelas produzidas em substratos, os quais para N, P, K, Ca e

Mg extraíram, respectivamente 0,68, 0,06, 0,49, 0,44 e 0,06 g planta⁻¹. Bernardi (1999), em ensaio conduzido nas condições do Estado de São Paulo, obteve valores superiores de N, P e K, sendo respectivamente de 1,40, 0,11 e 1,89 g planta⁻¹, demonstrando a disparidade entre os resultados.

O nitrogênio é um dos nutrientes requerido em maior quantidade pelos porta-enxertos de citros, participando dos principais processos metabólicos da planta (Maust & Williamson, 1994). Deve-se evitar as super-dosagens que podem ocasionar queima das folhas e do caule e desbalanço nutricional (Carvalho, 1998).

O nitrogênio pode ser aplicado nas formas químicas nítrica, amoniacal e amídica. Dentre as fontes comerciais do nutriente, destaca-se a uréia pela facilidade de acesso no mercado, menor custo por unidade de N, elevada solubilidade e compatibilidade para uso em mistura com outros fertilizantes. No entanto, é uma fonte bastante suscetível a perdas por volatilização de amônio e apresenta efeito ácido no substrato, condição esta particularmente desfavorável para cultivos protegidos onde se realizam aplicações intensivas em volumes limitados de substrato (Villas Bôas et al., 1999).

Scivittaro et al. (2004) avaliando o efeito de fontes e de doses de N na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em tubetes observaram apenas, efeito de doses de N sobre a altura, diâmetro do caule e produção de matéria seca da parte aérea das mudas. Para as raízes, a produção de matéria seca apresentou comportamento distinto também entre fontes de N, sendo que, para a uréia, a massa de raízes aumentou linearmente com a dose de N e, para o nitrato de cálcio, o efeito foi descrito por modelo quadrático, com valor máximo obtido para a dose de 0,35 g L⁻¹ de N.

Os acúmulos de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea das mudas de limão cravo acompanharam as variações na produção de matéria seca, sendo descritas por modelos quadráticos, segundo os quais a absorção de nutrientes foi limitada pela aplicação das doses mais altas de nitrogênio (Scivittaro et al., 2004).

A comparação geral dos resultados obtidos pela testemunha sem nitrogênio, com os dos demais tratamentos, demonstra claramente a importância do fornecimento de nitrogênio para a formação de mudas de limoeiro 'Cravo'; a ausência de suplementação mineral com o nutriente compromete o crescimento das plantas, que apresentam desempenho bastante inferior quando comparadas às mudas adubadas com uma fonte do nutriente (Scivittaro et al., 2004).

Coetzee et al. (1993), determinaram a remoção de nutrientes por quatro porta-enxertos de citros (limoeiros 'Rugoso' e 'Volkameriano' e citranges 'Troyer' e 'Carrizo'). As plantas foram cultivadas em substrato de casca de pinus pré-enriquecido. O manejo utilizado foi fertirrigação. Quando os porta-enxertos atingiram 0,8 m de altura, as extrações médias de N, P, K, Ca, Mg e S, foram respectivamente 0,24, 0,02, 0,15, 0,13, 0,02 e 0,03 g planta⁻¹. A absorção de potássio foi superior em relação a cálcio.

O potássio é necessário para várias funções fisiológicas básicas, como a formação de açúcares, síntese de proteínas, crescimento e neutralização de ácidos orgânicos. O enxofre é componente essencial de muitas proteínas, vitaminas e alguns hormônios da planta, importante para a produção de aminoácidos, proteínas e clorofila (Dechen et al., 2004). As culturas cítricas necessitam de baixos níveis de enxofre, devido às extrações serem pequenas.

Bernardi et al. (1999), cultivando mudas de laranja 'Valência' (*Citrus sinensis*) sobre o porta-enxerto de limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) em vasos com substrato de casca de Pinus, vermiculita e perlita com o objetivo de avaliar os efeitos do fornecimento de N, P e K sobre os teores de macronutrientes do porta-enxerto e das mudas, concluíram que os teores de N relacionaram-se diretamente e os de P e K inversamente com a adubação nitrogenada. Os teores de Ca, Mg e S relacionaram-se positivamente até as doses intermediárias de N utilizadas. Houve efeito inibitório do fertilizante potássico sobre a absorção de Ca e Mg. O acúmulo de NPK pelos porta-enxertos foi em torno de 30 % pelas raízes e 70 % pela parte aérea.

Essas interações entre os nutrientes passam a ser muito importantes no sistema de produção de mudas em vasos e em ambiente protegido, uma vez que o objetivo é a obtenção de mudas saudáveis e vigorosas no menor tempo possível. Isso é conseguido por meio de fertilizações intensas, que buscam o desenvolvimento mais rápido das plantas (Bernardi et al., 1999). Porém, a literatura no Brasil discutindo produção, a adubação e a nutrição de mudas nesse sistema é ainda escassa.

Boaventura (2003), testando o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes por toda muda cítrica em porta-enxertos de limão-cravo e em porta-enxerto citrumelo "Swingle" afirma que o manejo de adubação por fertirrigação foi mais eficiente em disponibilizar as quantidades de nutrientes preconizadas pelos dois porta-enxertos, durante todo o período de formação da muda cítrica. E observou a seguinte ordem decrescente para o acúmulo dos nutrientes em fertirrigação: N > K > Ca > S > P > Mg e Fe > Mn > B > Zn

> Cu. Em liberação lenta a ordem decrescente foi: N > Ca > K > S > P > Mg e Mn > Fe > Zn > B > Cu.

Os teores totais absorvidos por toda a muda cítrica (incluindo a contribuição do ramo curvado), em porta-enxerto citrumelo “Swingle” foram: N - 1,25, P - 0,092, K - 0,70, Ca - 0,80, Mg - 0,103, S - 0,112 g planta⁻¹. Para o limão cravo os valores encontrados foram: N - 1,39, P - 0,115, K - 0,78, Ca - 0,92, Mg - 0,110 e S - 0,122 g planta⁻¹. E observou que a ordem para o acúmulo de macronutrientes nas diferentes partes da planta foi: folhas 30 %, raízes 25 %, caule 45 % (Boaventura, 2003).

Até recentemente, as pesquisas enfocando a fertilização, que é uma prática que afeta em muito o rendimento e a qualidade da produção de mudas, foram concentradas aos macronutrientes. Com relação aos micronutrientes, muito pouco foi feito, apesar de serem comuns os desequilíbrios nutricionais causados, principalmente por Cu, para muitas culturas desenvolvidas em substrato (Pádua Júnior, 2006).

As plantas cítricas são exigentes em Zn, Mn e Fe. A deficiência desses micronutrientes é comum na citricultura mundial. A deficiência de Fe restringe-se aos citros cultivados em solos originários de substrato calcário. Em condições tropicais, as deficiências de Zn são as mais frequentes e há escassez de conhecimento sobre doses, modos eficientes de aplicação e critérios seguros para o diagnóstico da necessidade de adubação com esse nutriente (Quaggio & Piza Junior, 2001).

Sempionato & Grassi Filho (1992) estudaram o fornecimento de micronutrientes via foliar através de fertilizante líquido mineral misto, contendo 60 g L⁻¹ de Zn, 20 g L⁻¹ de Mn e 5 g L⁻¹ de B, mais matéria orgânica constituída de aminoácidos, visando verificar sua eficiência quando comparado com FTE, como nesta condição o Fertamin Citros com garantia mínima de 60 g kg⁻¹ Zn, 20 g kg⁻¹ Mn e 5 g kg⁻¹ B.

Em mudas de tangerineira ‘Sunki’, com oito aplicações, após os 45 dias de emergência em intervalos semanais, o produto Fertamin Citros foi muito eficiente na elevação dos níveis de micronutrientes nas folhas, principalmente Zn e Mn. Utilizando-se quatro aplicações do mesmo produto, intercaladas com quatro aplicações de nitrogênio (2 ml L⁻¹) em limoeiro ‘Cravo’, comprovaram que no fornecimento de Zn a 0,078 g do fertilizante estudado propiciou correção equivalente aos níveis foliares obtidos com 0,156 g de Zn contido no produto quelatizado, demonstrando que, mesmo utilizando-se dose menor, o produto foi tão eficiente quanto aos outros tratamentos, no fornecimento de micronutrientes (Sempionato & Grassi Filho, 1992).

Segundo Bernardi et al. (1999), na adubação de mudas de citros, houve interação entre N e K sobre os teores de K nas folhas novas e velhas. O adubo potássico atuou negativamente, enquanto que o N positivamente até as doses de 9,13 g planta⁻¹ e 12,4 g planta⁻¹, enquanto que nas doses mais baixas de K (0,42 g planta⁻¹) obteve-se os teores de 4,99 g kg⁻¹ e 4,18 g kg⁻¹ de K. Dentro dos limites testados da adubação das mudas, as relações dos teores de Mg nas raízes foram inversos às doses de K. Já os teores do nutriente no caule relacionaram-se diretamente com as doses de K. Os resultados obtidos para os porta-enxertos e para as mudas confirmam que o adubo fosfatado não interferiu nos teores de N, porém o adubo nitrogenado nos níveis mais altos reduziu os teores de P.

Em alguns casos, deficiências nutricionais não são ocasionadas apenas pela ausência de nutrientes, mas também pela interação entre eles (Bernardi, 1999). De modo geral, os produtores cítricos utilizam altas doses de fertilizantes, interferindo no potencial de produção e longevidade da muda. Com o uso de doses elevadas, os nutrientes fornecidos e não absorvidos pelas plantas tendem a se acumular nas camadas superficiais, podendo ocorrer freqüente salinização, especialmente em ambientes protegidos.

Castle & Rouse (1990) verificaram que as quantidades de nutrientes absorvidas por mudas cítricas eram de apenas 5 % a 20 % do total de nutrientes aplicados, sendo que as mudas produzidas em recipientes perdem mais nutrientes do que aquelas crescidas no campo, o que demonstra grande potencial de perda por lixiviação.

A salinização do substrato é um dos problemas mais freqüentes no cultivo de plantas em recipientes. Por isso, deve-se tomar bastante cuidado com a aplicação de fertilizantes em excesso. A toxidez por sais provoca necrose de folhas, desidratação, redução do crescimento, e, até mesmo, a morte de plantas (Joaquim, 1997).

O estabelecimento das exigências nutricionais das plantas é a primeira aproximação para a determinação das quantidades de nutrientes necessárias para a produção da muda, em cada fase de desenvolvimento. Apesar da produção atual de mudas cítricas estar atendendo as normas estabelecidas, é presente a necessidade de elucidar alguns problemas enfrentados pelos produtores, como por exemplo, a realização de adubações de forma racional, com embasamento científico, de modo que sejam adequadas às condições em que essas mudas estão sendo produzidas (Boaventura, 2003). Não só as deficiências resultam em redução da produção, crescimento ou qualidade, mas também altas concentrações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi conduzido em condição de ambiente protegido (Figura 1-A), em viveiro comercial, produtor de mudas cítricas do Estado de Goiás, localizado no município de Goiânia, GO. A propriedade está localizada na Rodovia GO-070 km 12, latitude 16°32'10''Sul e longitude 49°24'33''Oeste. O clima local, segundo o Sistema Internacional de Köppen, é classificado como Tropical Chuvoso (Aw) cujas condições climáticas podem afetar a absorção de nutrientes e a exigência nutricional das plantas.

O viveiro é coberto por um filme plástico transparente e com tela a prova de afídeos e malha de um mm² nas laterais. As bancadas que dão suporte às mudas são elevadas 0,30 metros do solo conforme recomendação de Carvalho & Laranjeira (1994).

Utilizou-se o substrato comercial Plantmax[®] até os 90 dias, após o transplante das mudas foi usado composto de casca de pinus e vermiculita. Sendo que a cada dez dias são feitas pulverizações preventivas com fungicidas, acaricidas e inseticidas.

3.2 PORTA-ENXERTOS E COPAS UTILIZADOS

As sementes de limão cravo, porta-enxerto com alta produtividade e que induz às diversas variedades de copa e a sua ampla adaptação edafo-climática que representa 85 % dos pomares brasileiros, foram semeadas em tubetes de polipropileno com capacidade de 50 cm³ contendo substrato Plantmax[®]. Na semeadura, foram colocadas duas a três sementes por recipientes, sendo que trinta dias após a emergência as mudas foram desbastadas, deixando-se apenas a mais vigorosa em cada recipiente (Figura 1).

O transplante foi realizado em torno de 90 dias após a germinação, quando o porta-enxerto apresentava aproximadamente 10 cm. Esse período esperado para o transplante é necessário para que a planta recupere do estresse causado pelo desbaste. As mudas foram formadas em substrato comercial composto com casca de pinus composta e



(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 1. Mudanças cítricas em diversas fases de desenvolvimento: A – Viveiro (vista externa); B – mudas em tubetes com 30 dias após germinação; C – início do desenvolvimento da borbulha após enxertia; D – mudas aos 360 dias.

vermiculita, com granulometria mais grosseira para facilitar a drenagem. Foram realizadas aplicações preventivas a cada 10 dias, sendo utilizados fungicidas, acaricidas e inseticidas recomendados para a cultura.

A poda no porta-enxerto foi realizada quando as plantas atingiram acima de setenta cm de altura com aproximadamente 240 dias após a emergência, deixando-as com cinquenta cm de altura. O objetivo desse procedimento é permitir o engrossamento do caule para a posterior realização da enxertia. A desbrota foi realizada sempre que necessário, retirando-se manualmente todas as brotações laterais.

O método de enxertia utilizado foi o de borbulhia em T invertido. A enxertia foi realizada quando o porta-enxerto apresentava diâmetro de um lápis, numa altura de vinte cm (MCT/Centec, 2004). Primeiramente, foi realizada a limpeza dos caules até aproximadamente 25 cm acima do substrato, essa operação é denominada toalete. Em seguida, com um canivete, fez-se duas incisões no porta-enxerto de dez a quinze cm acima do substrato, uma longitudinal e outra transversal formando um “T” invertido. Logo após, foi retirada a borbulha da estaca e inserida de baixo para cima no corte feito. Por último foi realizada a amarração da borbulha com fita plástica de baixo para cima.

Após a enxertia, foi realizado o forçamento da brotação do enxerto através do encurvamento do porta-enxerto, de modo que a borbulha fique no topo da curvatura. A retirada da fita plástica envolvendo o enxerto foi realizada em torno de quinze dias após a enxertia (Figura 1-C). Com três dias foi possível observar a brotação da borbulha. Foi realizada a poda da haste do cavalo, conhecida por “desmame”, quando o broto do enxerto apresentava entre 15 e 20 cm.

Após o “desmame”, o broto do enxerto foi preso com fita plástica e grampo a um tutor enterrado no sentido contrário, facilitando o crescimento vertical. As brotações laterais foram eliminadas, conduzindo a muda em haste única e estimulando seu desenvolvimento (Figura 1-D). Antes da muda ser levada para o campo foi feita a poda no primeiro entrenó acima de cinquenta cm e no ápice foi pincelado tinta a óleo da cor preta, que identifica a variedade copa laranja pera.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo *split-plot* (parcelas subdivididas no tempo), sendo as partes da planta as parcelas (caule, folhas, raiz e planta inteira) e as sub-parcelas o estágio de desenvolvimento (30 a 360 dias de idade da planta), sendo consideradas três plantas úteis como parcela.

3.3 MANEJO DE ADUBAÇÃO

A fertirrigação foi realizada três vezes por semana, utilizando os seguintes produtos: nitrato de cálcio (1,0 kg), MAP purificado (0,25 kg), nitrato de potássio (0,40 kg), produto comercial com micronutrientes 1,5 % MgO; 2,0 % B; 0,5 Mo; 6,0 % Zn; 5,0 % Mn e 10 % S (0,05 kg), sulfato de magnésio (0,4 kg), ferro (0,05 kg), sulfato de cobre (0,02 kg) para cada 1.000 L de água.

Foi utilizado um volume aproximado de 250 ml de solução nutritiva por planta em cada fertirrigação realizada, totalizando aproximadamente 750 ml por semana. A solução nutritiva forneceu no final a seguinte composição: N = 226; P = 150; K = 176; Ca = 190; Mg = 288; S = 128,8; Fe = 3,0; Zn = 30; Cu = 48 e Mn 25 g 1000 L⁻¹.

No final do experimento, que foi aos 360 dias após a emergência, a quantidade total de nutrientes aplicada foi: N = 6,54; P = 4,34; K = 5,09; Ca = 5,50; Mg = 8,33; S = 3,73; Fe = 0,09; Zn = 0,87; Cu = 1,39 e Mn 0,72 g sacola⁻¹, sendo que a fertirrigação começou a ser fornecida logo após o transplântio para as sacolas plásticas.

3.4 VARIÁVEIS ESTUDADAS

A cada 30 dias, foram realizadas amostragens de plantas para a tomada de dados biométricos e posterior análise química. Em cada uma dessas épocas, também foi analisado o substrato em que estas plantas se desenvolviam.

Foram considerados como tratamentos:

- a) Partes da planta: - Folha; - Caule; Raiz; - Planta inteira (folha + caule + raiz);
- b) Estádio fenológico da cultura: após a emergência a cada 30 dias até os 360 dias.

A coleta de plantas para a análise do tecido vegetal foi realizada a cada trinta dias, sendo composta por três plantas por parcela. A primeira época correspondeu as mudas com trinta dias após a emergência coletadas em tubetes, e aos 120 dias após a emergência as mudas foram coletadas em sacolas plásticas.

Após o desmanche das sacolas, as plantas foram subdivididas em raízes, caule e folhas. Depois de devidamente identificadas e registradas, as amostras foram lavadas em água corrente e novamente lavadas em água destilada. Após a lavagem as amostras foram colocadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada com

temperatura oscilando entre 65 °C a 70 °C, até atingir massa constante, por um período de 48 horas.

Com o auxílio de uma balança de precisão ($\pm 0,01$ g) foram realizadas as pesagens das amostras, sendo obtido desse modo, a massa da matéria seca acumulada em cada parte da planta. O total de cada uma das amostras foi moído em moinho tipo Wiley, com câmara de aço inoxidável e peneira de um mm de abertura. A amostra foi imediatamente acondicionada em uma embalagem plástica fechada para o armazenamento e posterior análise.

Aos 180 dias após a emergência, ocorreu o aparecimento de cogumelos no substrato das mudas cítricas. Alguns produtos de mudas costumam associar a presença de cogumelos no substrato com a alta acidificação do meio radicular. Surgiu então, a necessidade de se medir a condutividade elétrica (CE) do substrato. Este procedimento foi realizado nas demais épocas de coleta das mudas. Foi utilizada a metodologia do percolato, muito utilizada em cultivos protegidos e semi-protegidos com plantas envasadas, para a determinação da condutividade elétrica, do pH e de alguns nutrientes (Cavins et al., 2000).

A metodologia consiste na adição de água limpa no vaso ou recipiente onde é colocado o substrato. O material recebe água até ficar saturado e logo após é deixado de repouso por uma hora. Em seguida é adicionado água desmineralizada até a quantidade que se obtenha 50 mL de solução lixiviada. Em seguida foi feito à leitura da condutividade elétrica, sendo que foi utilizado o aparelho “ECTEstr high”.

3.5 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

No decorrer do experimento, em cada época de coleta de planta, foram medidas as seguintes variáveis biométricas: a) altura das plantas; b) diâmetro de caule dos porta-enxertos no nível do substrato; c) número de folhas por planta; d) massa da matéria seca das raízes, caule e folhas.

Na determinação da altura e crescimento das mudas, foi utilizada uma régua graduada em centímetros, tomando como referência à distância do colo ao ápice da muda. O diâmetro foi medido na região do colo da planta com a utilização de um paquímetro digital com precisão para 0,01 mm.

3.6 ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO VEGETAL

Após secagem, as amostras finais foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solos e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (Lasf-EA/UFG), onde foram submetidas à digestão nitroperclórica e sulfúrica, para obtenção dos extratos e das análises de tecidos.

Os teores de K foram determinados por fotometria de emissão de chama; os de Ca, Mg, Zn, Cu e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica; e os de P, S e N, por espectrofotometria, segundo metodologia da Embrapa (1979). Foram estudados a concentração e acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas, hastes e em toda planta cítrica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ACÚMULO DE FITOMASSA SECA

A fitomassa seca (FS) acumulada é o melhor indicador do crescimento de planta, sendo menos variável que a fitomassa úmida, pois esta varia durante o dia, isso pela quantidade de água disponível no substrato, temperatura e outros fatores (Boaventura, 2003) que interferem na umidade da fitomassa. O acúmulo de fitomassa seca até os noventa dias é lento devido ao pequeno espaço ocupado pelas raízes (Tabela 1), que explora somente o substrato já esgotado do tubete. Após o transplântio a muda aumentou em trinta dias 94,93 % do seu peso anterior. Com o rápido crescimento e expansão do sistema radicular e o fornecimento da fertirrigação no substrato, as mudas se desenvolveram rapidamente dos 120 aos 150 dias, com maior acúmulo de nutrientes e matéria seca pelas plantas.

O total de fitomassa acumulado pelas mudas no final de sua formação foi de 31,66 g planta⁻¹, o que difere do valor encontrado por Boaventura (2003), que foi de 44,7 g planta⁻¹, e de 40,6 g planta⁻¹ encontrada por Castle & Rouse (1990). O clima no cerrado, mais quente e seco, não favoreceu ao crescimento e acúmulo de FS das mudas. Na Figura 2 verifica-se a distribuição percentual da fitomassa seca acumulada para cada parte da planta nas diferentes épocas de amostragem.

A enxertia das mudas foi feita aos 210 dias após a emergência, logo a seguir foi feita à curvatura da parte aérea acima do ponto de enxertia. O ramo curvado foi retirado antes da amostragem realizada aos 300 dias.

O maior acúmulo de FS total aos 270 dias deve-se ao fato da planta apresentar a haste do limão cravo (ainda não podada) e da laranja pera simultaneamente, sendo que a altura considerada foi a da laranja pera. Os valores observados são menores aos 300 dias do que aos 270 dias, isso se deve ao fato da poda da haste do limão cravo, sendo que, a fitomassa das raízes e o diâmetro do caule (características do porta enxerto) continuam

crecentes. Observa-se que o acúmulo de FS na raiz continua constante mesmo após a inflexão da curva aos 300 dias observada nas folhas e no caule (Figura 3).

Tabela 1. Médias de acúmulo de fitomassa seca (g planta^{-1}), número de folhas, diâmetro (mm) e altura do caule (cm) em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, Goiânia, GO.

Dias ¹	-----Massa Seca (g planta^{-1})-----				N° folhas	Diâmetro (mm)	Altura (cm)
	Folhas	Caule	Raiz	Total			
30	0,05	0,03	0,02	0,10	7	1,48	4,33
60	0,09	0,06	0,12	0,27	8	1,50	7,10
90	0,22	0,12	0,02	0,36	12	2,36	9,57
120	2,54	2,30	2,27	7,11	32	4,92	53,00
150	2,78	4,64	4,56	11,99	29	6,77	58,17
180	3,32	5,65	4,38	13,35	31	6,71	57,17
210	7,43	5,31	3,56	16,30	52	6,01	97,33
240	3,82	5,94	4,79	14,55	38	7,36	81,33
270	12,60	10,37	6,46	29,42	58	7,94	57,67
300	7,68	5,99	7,62	21,30	21	8,72	64,33
330	8,12	8,21	8,21	24,54	39	8,90	78,67
360	11,01	10,74	9,88	31,63	42	9,88	91,33

¹ – Dias após emergência.

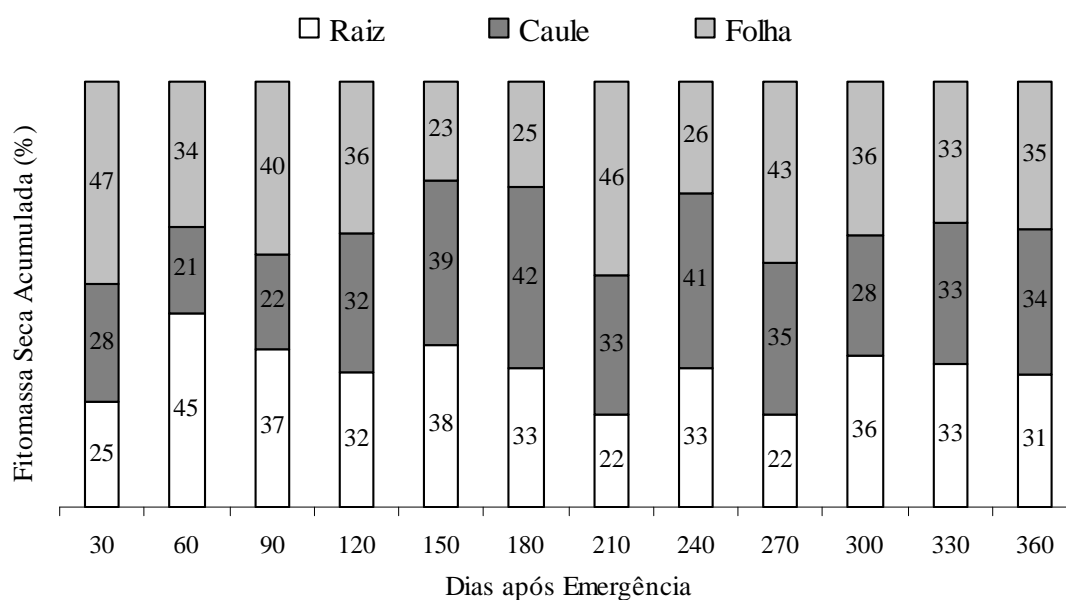


Figura 2. Distribuição percentual da fitomassa seca, média acumulada em diferentes partes de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia – GO.

A análise de variância para a FS e a concentração de nutrientes nas mudas cítricas, em função das épocas de coleta e das partes da planta (raiz, caule, folha e planta inteira), apresentaram diferenças significativas para todos os nutrientes e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice A).

Para o estudo da interação entre as épocas e parte da planta, o modelo melhor ajustado foi o do tipo polinomial. Permitindo fornecer informações para o conhecimento das épocas em que as plantas absorvem nutrientes em maiores proporções e ao, mesmo tempo, torna-se possível o melhor conhecimento a respeito das épocas mais propícias à adição dos nutrientes.

$$\begin{aligned}
 Y \text{ Total} &= -0,00008x^4 - (-0,0005x^3) + 0,0099x^2 - 0,699x + 13,097 & R^2 &= 0,9213 \\
 Y \text{ Raiz} &= -0,8x^4 - (-0,0000006x^3) + 0,0016x^2 - 0,0617x - 0,192 & R^2 &= 0,9502 \\
 Y \text{ Caule} &= -0,008x^4 - (-0,05x^3) + 0,0055x^2 - 0,4118x + 8,2989 & R^2 &= 0,8997 \\
 Y \text{ Folha} &= -0,00000009x^4 - 9E-06x^3 + 0,0028x^2 - 0,2255x + 4,9901 & R^2 &= 0,8037
 \end{aligned}$$

◆ Raiz □ Caule △ Folha × Planta
 - - - - Polinômio (Raiz) ····· Polinômio (Caule) ——— Polinômio (Folha) - - - - Polinômio (Planta)

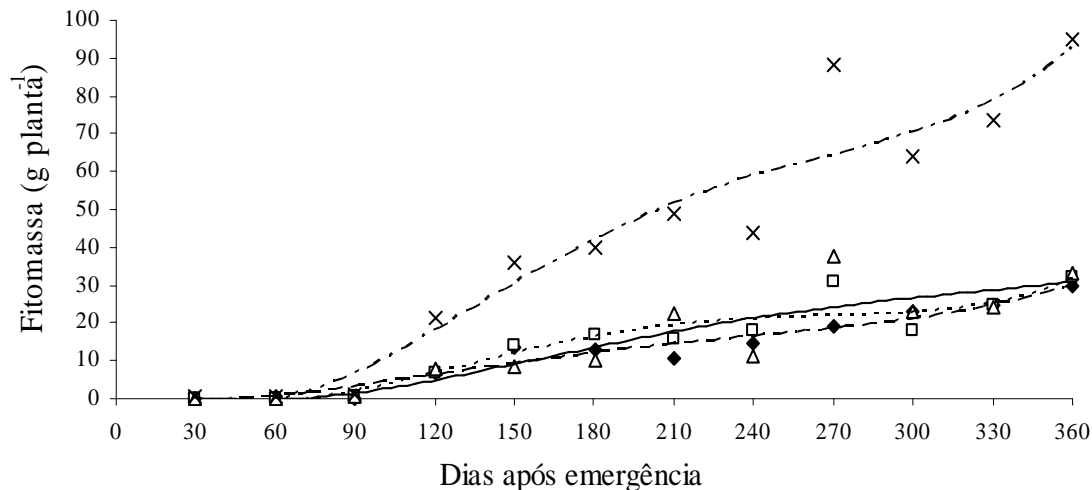


Figura 3. Acúmulo de fitomassa média em folha, caule, raiz e planta inteira em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, Goiânia – GO.

O acúmulo de FS foi descrito de modo geral (Figura 3), com um período inicial lento, até os noventa dias após a emergência, seguido de uma fase de aumento rápido de acúmulo, decrescendo ao final, pois a planta, antes de ir para o campo tem sua haste podada para a padronização. Aos 90 dias observa o aumento da matéria seca das folhas em

detrimento do caule e principalmente da raiz, pois nesta fase o substrato do tubete já está esgotado e a planta começa a aumentar sua atividade fotossintética.

Observa-se o maior acúmulo de FS nas raízes aos 150 dias após a emergência devido ao rápido crescimento que apresenta a planta neste período por explorar a maior quantidade de substrato disponível após o transplântio. Não se pode afirmar que existe uma distribuição uniforme de fitomassa entre as partes da planta durante o seu desenvolvimento, pois em cada época de coleta dentro do viveiro a muda recebe os tratamentos pertinentes, podendo estes influenciar no acúmulo, mas pode-se ter uma idéia de como a planta se comporta. Como o rápido acúmulo de FS no caule após o transplântio (120 dias) e o maior acúmulo de FS nas raízes após a poda de formação da muda aos 300 dias.

Já aos 330 e 360 dias a porcentagem do acúmulo de fitomassa é praticamente igual nas partes da planta (Figura 2). Este comportamento de acúmulo obtido no final da produção da muda é favorável, pois a planta irá passar por um estresse com o transplante para o campo, e a maior quantidade de fitomassa pode promover maior resposta da planta em termos fotossintéticos, podendo assim ocorrer uma melhor adaptação da muda em campo.

O diâmetro do caule é a característica morfológica do porta-enxerto que determina a realização da enxertia (Boaventura, 2003). Verifica-se na Tabela 2 a correlação entre as variáveis biométricas da planta.

Tabela 2. Coeficientes de correlação obtidos entre as variáveis biométricas analisadas durante a formação de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, Goiânia – GO.

	FS total	Número de folhas	Diâmetro do caule
Antes da enxertia (180 dias)			
Número de folhas	0,915**	-	-
Diâmetro do caule	0,989**	0,944**	-
Altura da planta	0,958**	0,987**	0,975**
Após a enxertia (210 dias)			
Número de folhas	0,228	-	-
Diâmetro do caule	0,747*	-0,414	-
Altura da planta	-0,283	0,144	-0,232

O acúmulo de FS apresenta correlação altamente significativa com o número de folhas, o diâmetro do caule e a altura da planta antes da enxertia. Após a enxertia a correlação da FS somente é significativa com o diâmetro do caule, sendo negativa com a altura da planta. Comportamento similar em relação ao número de folhas e o diâmetro do caule com as demais variáveis biométricas estudadas, com correlação altamente significativa antes da enxertia e não apresentando correlação após a enxertia. Pode-se afirmar que após a enxertia o crescimento da planta não está correlacionado ao aumento do diâmetro do caule, não sendo o porta-enxerto beneficiado.

4.2 ANÁLISE DO SUBSTRATO

A concentração dos nutrientes no substrato variou muito ao longo do período de crescimento das mudas. Essa variabilidade nas concentrações dos nutrientes ao longo do crescimento foi observada também por Boaventura (2004), trabalhando com porta-enxertos de limão cravo e citromelo “swingle” e variedade de copa valência, e por Broschat (1995) trabalhando com plantas ornamentais. Os resultados obtidos na Tabela 3 mostram os teores dos nutrientes fixados no substrato.

Na fertirrigação é interessante observar que a concentração de alguns dos nutrientes aumentam significativamente após os primeiros 30 dias do transplântio para as sacolas plásticas (120 – 150 dias), como Cu, Fe, K, e Al, enquanto o Mn, Zn, P, Ca e Mg, diminuem a concentração ou não aumentam neste período (Tabela 3). Isso demonstra que existem tantas interações que levam à imobilização como à liberação desses nutrientes no substrato.

A escolha do substrato com valor ótimo da capacidade de troca catiônica está estreitamente dependente da frequência de fertirrigação. Se a fertirrigação é aplicada permanentemente, a capacidade de adsorção de cátions não constitui nenhuma vantagem, sendo recomendável à utilização de materiais inertes, com CTC muito baixa ou nula. Se, ao contrário, a fertirrigação for aplicada de modo intermitente, será conveniente a utilização de substrato com CTC moderada ou elevada (Cadahia, 1998).

As características químicas são importantes especialmente no que se refere à disponibilidade de nutrientes para as plantas, e devem estar relacionadas com a quantidade de fertirrigação aplicada, para que não haja efeito salino (Ludwig, 2008). No Brasil, a casca de pinus pura, geralmente, possui pH ácido e CTC elevada (Gonçalves, 1995).

Os valores de pH recomendados para o cultivo de plantas, podem variar de 5,0-6,5. Os baixos valores de pH verificados na Tabela 3, entre 4,6 e 5,3 podem ter afetado a produção de fitomassa, pela limitação na disponibilidade de alguns nutrientes.

O pH influencia na disponibilidade de nutrientes, em especial de micronutrientes (Tabela 3). As concentrações de Fe, Mn, Zn, e em algumas épocas o Cu, podem aumentar o risco de toxidez, por estarem presentes no substrato em quantidades significativas.

Foram observadas correlações significativas entre as concentrações dos nutrientes fixados no substrato ao longo do desenvolvimento da muda (Tabela 4). Essas correlações existentes, provavelmente, interferem de maneira significativa na sorção e absorção dos nutrientes pelas mudas cultivadas em substrato.

Os valores elevados de CTC e V % (Tabela 3) podem ter contribuído para uma maior disponibilidade de nutrientes as plantas, apresentado assim um maior acúmulo de nutrientes no caule ao invés das folhas, como era esperado.

A acidez tem grande influência na disponibilidade de P para as plantas; o P combina-se com Fe e Al na forma de compostos insolúveis em pH abaixo de sete, com redução na quantidade desse nutriente na solução à medida que o pH se torna mais baixo (Bunt, 1988).

O aumento da acidificação do meio (pH) dos 300 aos 360 dias após a emergência (Tabela 3) provavelmente explica as maiores perdas de alguns micronutrientes, como o Zn e Mn, cuja solubilidade aumenta com a acidificação, o que também foi observado por Boaventura et al. (2004).

Observa-se que após a enxertia (270 dias) a muda passa a absorver mais os nutrientes presentes no substrato, devido à demanda da haste do limão cravo e da laranja pera em desenvolvimento (Tabela 3). Sendo que os nutrientes P e K não se observou este comportamento, aumentando sua concentração neste período.

O P de maneira geral, tem exigência pelas plantas menor que do N, K, Ca e Mg (Faquin, 2005). A alta variação do P no decorrer da formação da muda indica que ocorreu imobilização do nutriente aplicado no substrato, em ambientes ácidos predomina as combinações com o P-Fe e P-Al (Faquin, 2005), o que explica as altas quantidades destes nutrientes presentes no substrato (Tabela 3), mas a correlação entre P-Fe não foi significativa (Tabela 4). O pH do solo influencia enormemente a solubilidade dos diferentes compostos de P, que se tornam mais disponível em pH entre 6,0 e 7,0 (Furtine Neto et al., 2002).

Tabela 3. Concentração de nutrientes no substrato durante a formação de mudas cítricas, cultivadas em ambiente protegido no cerrado goiano em 12 épocas de amostragem, durante o manejo de adubação, Goiânia – GO.

Dias	Cu	Fe	Mn	P	K	Zn	pH	Ca	Mg	Al	CTC	M.O.	M	V
	mg dm ⁻³						(CaCl ₂)	cmol _c dm ⁻³			%			
30	0,3	18,7	14,8	69,7	80	5,6	5,1	7,3	3,5	0	14,5	13,7	0	75,9
60	0,2	15,8	38,4	127,1	218	10	5,1	12	5,3	0	24,3	12,5	0	78,2
90	0,2	19,8	16,9	127,1	124	7,5	5,1	8,9	4,8	0	18,1	10,2	0	73,5
120	0,3	20,2	10,5	127,1	126	3,6	5,0	5,4	3,1	0	10,1	11,8	0	69,4
150	1,7	21,5	14,9	107,9	140	9,2	5,0	5,9	2,5	0,6	9,7	18,7	7,7	74,1
180	1,3	20,1	16,9	96,8	140	6,2	5,0	7,4	2,5	0,1	11,5	10,8	1,1	78,2
210	5,3	243,4	37,9	53,3	200,0	20,2	5,1	12,6	8,1	0,2	25,5	14,5	0,9	83,1
240	6,7	180,3	31,2	48,4	185,0	17,3	5,3	15,3	6,3	0,2	25,2	12,8	0,9	87,7
270	5,8	89,3	23,4	53,5	300,0	16,2	5,1	9,2	5,5	0,2	19,4	15,0	1,3	79,9
300	28,0	159,8	36,2	635,5	173,0	30,8	4,9	10,6	5,8	0,3	21,6	16,1	1,8	77,8
330	8,5	116,3	27,8	53,5	220,0	20,0	4,6	10,1	7,2	0,3	23,8	14,5	1,7	75,2
360	2,7	161,3	30,4	635,5	225,0	14,4	4,6	15,0	6,5	0,1	29,4	16,1	0,5	75,1
Média	5,1	88,9	24,9	178,0	177,6	13,4	5,0	10,0	5,1	0,2	19,4	13,9	1,3	77,3

Tabela 4. Coeficientes de correlação obtidos entre os nutrientes presentes no substrato durante a formação de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, Goiânia, GO.

	Cu	Fe	Mn	Zn	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	M
Fe	0,517*												
Mn	0,494	0,720**											
Zn	0,886**	0,786**	0,744**										
MO	0,373	0,336	0,216	0,462									
pH	-0,206	-0,178	-0,152	-0,247	-0,348								
P	0,549*	0,280	0,292	0,440	0,365	-0,428							
K	0,215	0,472	0,596*	0,512*	0,291	-0,244	0,085						
Ca	0,237	0,753**	0,824**	0,540*	0,083	-0,136	0,294	0,534*					
Mg	0,375	0,841**	0,802**	0,723**	0,156	-0,225	0,170	0,624*	0,790**				
Al	0,381	0,249	0,085	0,437	0,790**	-0,189	0,037	0,178	-0,072	0,029			
CTC	0,294	0,743**	0,865**	0,617*	0,132	-0,309	0,307	0,627*	0,943**	0,899**	-0,085		
M	0,099	-0,089	-0,188	0,084	0,716**	-0,073	-0,030	-0,044	-0,318	-0,301	0,917**	-0,363	
V	0,216	0,571*	0,534*	0,440	0,005	0,524	-0,135	0,346	0,588*	0,481	0,107	0,433	-0,082

Os maiores valores encontrados com os coeficientes de correlação estão entre o Cu, Fe, Mn, Zn, Ca e Mg. Observa-se na Tabela 4 que a MO não apresentou correlação significativa com nenhum nutriente estudado. O Fe apresentou correlação alta com o Mg, Ca e Mn, sabe-se que a interação Fe-Mn é bastante comum, principalmente em ambientes ácidos, e que a absorção de Mn, no caso dos citros, pode ser inibida competitivamente pela absorção de Ca, nutriente exigido em quantidades elevadas pelas plantas (Bataglia, 1991).

Ocorre interação significativa do Zn com o Cu, Fe, Mn e Mg. O Cu e o Fe em altas concentrações inibem a absorção do Zn, o Ca também inibe a absorção em concentrações mais altas. E o Mg tem efeito inibidor da absorção do Zn pelas raízes mais acentuada do que o Ca (Malavolta, 1980). Pode-se observar no substrato uma relação Ca/Mg adequado para o desenvolvimento das mudas. Está relação variou entre 1,4 - 2,4, sendo que a ideal está entre 2,0 e 10,0.

Segundo Fonteno (1996), a CTC deve ser entre 6,0 e 15,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, para uma ampla reserva de nutrientes. Handreck & Black (1999), sugerem uma CTC entre 5,0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e 10,0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Essas recomendações são referências, devendo-se considerar que a necessidade de maior CTC no substrato está diretamente relacionada com a menor tecnologia de controle das condições nutricionais e de irrigação do cultivo por parte do produtor. A alta CTC pode ter determinado uma maior adsorção dos nutrientes no substrato, diminuindo a sua disponibilidade para a planta. Os valores observados para a CTC nas épocas de coleta variaram entre 9,7 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ a 29,4 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

Essa diferença é, provavelmente, consequência da participação da casca de pinus como componente do substrato após o transplante para as sacolas plásticas (após 90 dias), material que pode atingir altos valores de CTC (Minami, 1995). Essas diferenças podem ter afetado a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, o crescimento das plantas, já que Boaventura (2003) apresenta valores muito superiores aos encontrados, com dados biométricos maiores do que os encontrados neste trabalho (Tabela 1).

Aos 180 dias após a emergência, surgiu a necessidade de medir a CE nas demais épocas de coleta, devido a frequência com que se observa na literatura relatos de acidificação do meio devido ao uso da fertirrigação. Na Figura 4 podemos observar o aumento da CE no substrato nas mudas cítricas.

Os valores de CE na Figura 5 mostra que ocorre acúmulo de sais em quase todo o período de crescimento das mudas. A CE variou entre 0,9 dS m^{-1} à 2,2 dS m^{-1} . Estas leituras demonstram que existem altas concentrações de sais nas soluções lixiviadas que

podem estar interferindo na absorção de nutrientes pelas plantas. Boaventura (2004), trabalhando com porta-enxerto de limão-cravo e citromelo Swingle, encontrou que a CE variou, na média dos porta-enxertos, entre $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$.

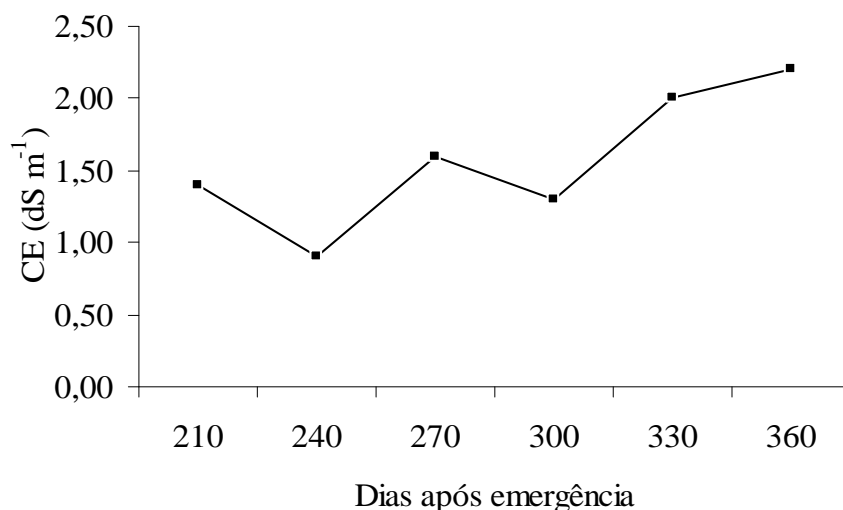


Figura 4. Condutividade elétrica do substrato de mudas cítricas nas seis épocas de coleta.

4.3 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES

A concentração de nutrientes nas partes da planta aumenta conforme o crescimento da muda e o acúmulo de matéria-seca (Tabela 5, 6, 7 e 8). As partes das mudas responderam de diferentes modos às variações na concentração dos nutrientes no substrato. A análise da planta inteira, combinando a concentração dos nutrientes em cada parte da planta, demonstra a imensa variação ao longo do crescimento da muda.

Geralmente as concentrações foliares são superiores as demais partes da planta. As mudas estudadas não seguiram este parâmetro. Nutrientes como o N, Ca, Mg e Cu acumularam mais nas folhas. O fósforo teve sua maior concentração média observada no caule. O nutriente K, S, Fe, Mn e Zn acumularam em maior quantidade nas raízes das mudas cítricas estudadas.

Segundo Marschner (1995), o N, P, K e Mg se acumulam mais nas folhas em decorrência de atuarem isoladamente ou de forma conjunta na síntese de clorofila, abertura e fechamento dos estômatos e na síntese de ATP. O que não foi observado no comportamento do K que acumulou mais no caule.

Tabela 5. Concentração de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em raiz de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- dag kg^{-1} -----						----- mg kg^{-1} -----			
30	1,68	0,747	1,48	0,30	0,20	0,38	26,0	911,0	110,0	32,0
60	1,12	0,231	1,50	0,80	0,30	0,20	55,0	403,0	56,0	20,9
90	1,12	0,220	1,36	0,50	0,50	0,35	23,0	690,0	55,0	27,0
120	1,90	0,811	1,82	0,80	0,40	0,37	62,0	676,0	781,0	51,9
150	1,96	0,631	1,86	1,50	0,40	0,34	55,0	792,0	1893,0	54,8
180	2,02	0,631	1,86	1,40	0,30	0,31	60,0	667,0	2835,0	54,4
210	2,38	0,579	1,80	0,70	0,40	0,27	30,0	532,0	240,0	43,7
240	2,10	0,562	1,36	1,00	0,10	0,31	37,0	778,0	207,0	36,9
270	3,78	0,545	1,66	1,40	0,60	0,40	58,0	573,0	1835,0	73,4
300	2,24	0,613	1,72	1,80	0,60	0,28	62,0	1203,0	1032,0	73,2
330	1,57	0,529	1,42	2,20	0,50	0,28	49,0	685,0	2658,0	63,0
360	2,38	0,316	1,46	0,90	0,40	0,35	44,0	778,0	1575,0	48,5
Média	2,02	0,53	1,61	1,11	0,39	0,32	46,75	724,00	1106,42	48,31

Tabela 6. Concentração de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em caule de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- dag kg^{-1} -----						----- mg kg^{-1} -----			
30	1,82	0,613	1,64	0,90	0,60	0,29	28,0	384,0	55,0	27,1
60	0,98	0,243	1,94	0,80	0,20	0,40	25,0	909,0	73,0	26,3
90	1,26	0,176	1,30	0,80	0,30	0,20	41,0	318,0	24,0	23,1
120	1,26	0,579	1,08	2,50	0,40	0,23	40,0	392,0	47,0	25,1
150	1,26	0,727	0,96	1,50	0,20	0,24	43,0	279,0	40,0	23,5
180	1,82	0,707	1,08	0,90	0,10	0,20	34,0	347,0	38,0	23,4
210	1,90	0,727	1,16	0,90	0,20	0,19	19,0	342,0	34,0	25,5
240	1,65	0,727	1,24	1,40	0,20	0,23	26,0	333,0	32,0	25,2
270	1,57	0,579	1,14	1,9	0,30	0,17	31,00	478,0	40,0	25,9
300	2,32	0,596	1,30	0,90	0,20	0,17	21,0	275,0	40,0	25,0
330	2,07	0,545	1,22	1,00	0,20	0,13	20,0	353,0	53,0	25,3
360	1,40	0,316	1,22	0,80	0,10	0,15	20,0	334,0	41,0	24,9
Média	1,61	0,54	1,27	1,19	0,25	0,22	29,00	395,33	43,08	25,03

Tabela 7. Concentração de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) nas folhas de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- dag kg^{-1} -----						----- mg kg^{-1} -----			
30	2,80	0,545	1,68	2,00	0,60	0,29	43,0	384,0	49,0	22,5
60	1,74	0,255	1,38	1,60	0,50	0,40	192,0	364,0	52,0	32,1
90	2,35	0,291	1,32	2,00	0,50	0,31	233,0	349,0	57,0	30,1
120	3,08	0,631	1,40	3,20	0,50	0,37	211,0	409,0	94,0	31,5
150	3,78	0,650	1,52	6,00	0,70	0,13	366,0	479,0	166,0	33,5
180	2,77	0,423	1,20	4,10	0,30	0,31	178,0	318,0	149,0	27,7
210	3,08	0,513	1,52	5,70	0,50	0,10	35,0	438,0	60,0	25,0
240	3,53	0,747	1,76	3,70	0,30	0,37	29,0	362,0	57,0	21,8
270	4,34	0,513	2,00	3,10	0,40	0,31	43,0	382,0	100,0	24,9
300	3,33	0,650	2,04	2,00	0,40	0,28	20,0	435,0	54,0	22,6
330	4,06	0,498	1,54	2,30	0,10	0,28	28,0	345,0	131,0	23,1
360	2,24	0,462	1,48	2,80	0,40	0,16	19,0	382,0	59,0	22,2
Média	3,09	0,51	1,57	3,21	0,43	0,28	116,42	387,25	85,67	26,42

Tabela 8. Concentração total de macronutrientes (dag kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- dag kg^{-1} -----						----- mg kg^{-1} -----			
30	6,30	1,91	4,80	3,20	1,40	0,96	97	1679	214	81,60
60	3,84	0,73	4,82	3,20	1,00	1,00	272	1676	181	79,30
90	4,73	0,69	3,98	3,30	1,30	0,86	297	1357	136	80,20
120	6,24	2,02	4,30	6,50	1,30	0,97	313	1477	922	108,50
150	7,00	2,01	4,34	9,00	1,30	0,71	464	1550	2099	111,80
180	6,61	1,76	4,14	6,40	0,70	0,82	272	1332	3022	105,50
210	7,36	1,82	4,48	7,30	1,10	0,56	84	1312	334	94,20
240	7,28	2,04	4,36	6,10	0,60	0,91	92	1473	296	83,90
270	9,69	1,64	4,80	6,40	1,30	0,88	132	1433	1975	124,20
300	7,89	1,86	5,06	4,70	1,20	0,73	103	1913	1126	120,80
330	7,70	1,57	4,18	5,50	0,80	0,69	97	1383	2842	111,40
360	6,02	1,09	4,16	4,50	0,90	0,66	83	1494	1675	95,60
Média	6,72	1,59	4,45	5,51	1,08	0,81	192,17	1506,58	1235,17	99,75

Deve ser considerado que a exigência nutricional de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, onde se procura o desenvolvimento rápido da muda, utilizando altos níveis de adubação, são diferentes das plantas adultas em campo. Isso demonstra que as faixas propostas como adequadas para plantas adultas no campo, não servem como parâmetro para avaliar o estado nutricional de mudas produzidas nestas condições.

Há necessidade de estabelecer as faixas adequadas de nutrientes nas folhas das mudas cítricas para a região do cerrado, nas diferentes épocas de crescimento, pois os resultados encontrados diferem dos parâmetros utilizados para plantas adultas e de outros trabalhos desenvolvidos no Estado de São Paulo (Tabela 7).

Os teores médios de macronutrientes concentrados em laranja pera sobre porta-enxerto limão cravo (Tabela 8), em dag kg^{-1} foram: N – 0,672; P – 0,159; K – 0,445; Ca – 0,551; Mg – 0,108 e S – 0,081. Estes resultados não estão próximos aos obtidos por Boaventura (2003) no Estado de São Paulo, que em dag kg^{-1} foram: N – 2,35, P – 0,170, K – 1,32, Ca – 1,21, Mg – 0,149 e S – 0,20, e os encontrados por Castle & Rouse (1990) em mudas cítricas com 15 meses de idade em viveiros no Estado da Flórida, que em dag kg^{-1} foram: N – 1,69, P – 0,146, K – 1,224, Ca – 1,089 e Mg – 0,146.

Os teores médios de micronutrientes concentrados em mg kg^{-1} foram: Cu – 192,17; Fe – 1.506,58; Mn – 1.235,16 e Zn – 99,75. Nos micronutrientes os teores médios encontrados em maior concentração estavam nas raízes do que nas folhas (Fe, Mn, Zn), o que demonstra que as raízes se tornaram órgão de armazenamento do excesso do nutriente absorvido pela planta o que também foi observado por Boaventura (2003). Demonstrando que a análise das raízes possivelmente seja a maneira mais correta para diagnóstico de toxicidade destes elementos.

O Cu foi a exceção dos micronutrientes que apresentou seu maior teor médio nas folhas. O mesmo comportamento foi observado por Boaventura (2003). Isso sugere que a exigência de mudas cítricas para cobre é bastante superior à exigência de plantas adultas no campo.

Os teores médios de macronutrientes acumulados em laranja pera sobre porta-enxerto limão cravo (Tabela 9) em g planta^{-1} foram: N – 1,058; P – 0,236; K – 0,632; Ca – 0,871; Mg – 0,143 e S – 0,105. Estes resultados não estão próximos aos obtidos por Boaventura (2003) no Estado de São Paulo, N – 1,39; P – 0,115; K – 0,78; Ca – 0,92, Mg – 0,110 e S – 0,122 g planta^{-1} e os encontrados por Castle & Rouse (1990) em viveiros no Estado da Flórida, N – 0,68; P – 0,060; K – 0,50; Ca – 0,44 e Mg – 0,060 g planta^{-1} .

4.4 ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES

A marcha de absorção de macronutrientes pela muda cítrica, seguiu em termos gerais o crescimento da planta e o acúmulo de matéria seca, sendo lenta até os noventa dias (Figura 5). Para os macronutrientes e em função da quantidade absorvida, existem dois grupos de nutrientes: os absorvidos em maiores quantidades, como o N, o Ca e o K e àqueles absorvidos em quantidades menores, como o P, o Mg e o S (Tabela 9). O acúmulo de macronutrientes nas partes da planta obedeceu a seguinte ordem: caule (63,25 %) > folha (20,46 %) > raiz (16,29 %). Nos Apêndices B, C e D são apresentados os resultados obtidos para o acúmulo total de macronutrientes e micronutrientes nas diferentes partes da planta (raízes, caule e folhas).

Os macronutrientes foram absorvidos em maior quantidade na seguinte ordem: $N > Ca > K > P > Mg > S$. Diferindo em alguns nutrientes do resultado encontrado por Techhio et al. (2006) – $K > N > Ca > P > Mg > S$, e dos resultados obtidos por Boaventura (2003) - $N > K > Ca > P > S > Mg$.

$$\begin{array}{ll}
 Y N = -0,0059x^3 + 0,1074x^2 - 0,3118x + 0,2312 & R^2 = 0,8251 \\
 Y P = -0,0038x^2 + 0,0916x - 0,1514 & R^2 = 0,8971 \\
 Y K = -0,0016x^2 + 0,1513x - 0,2623 & R^2 = 0,8762 \\
 Y Ca = -0,014x^2 + 0,3357x - 0,5527 & R^2 = 0,7392 \\
 Y Mg = -0,0006x^2 + 0,0362x - 0,0586 & R^2 = 0,7188 \\
 Y S = -0,0006x^2 + 0,0281x - 0,0454 & R^2 = 0,8271
 \end{array}$$

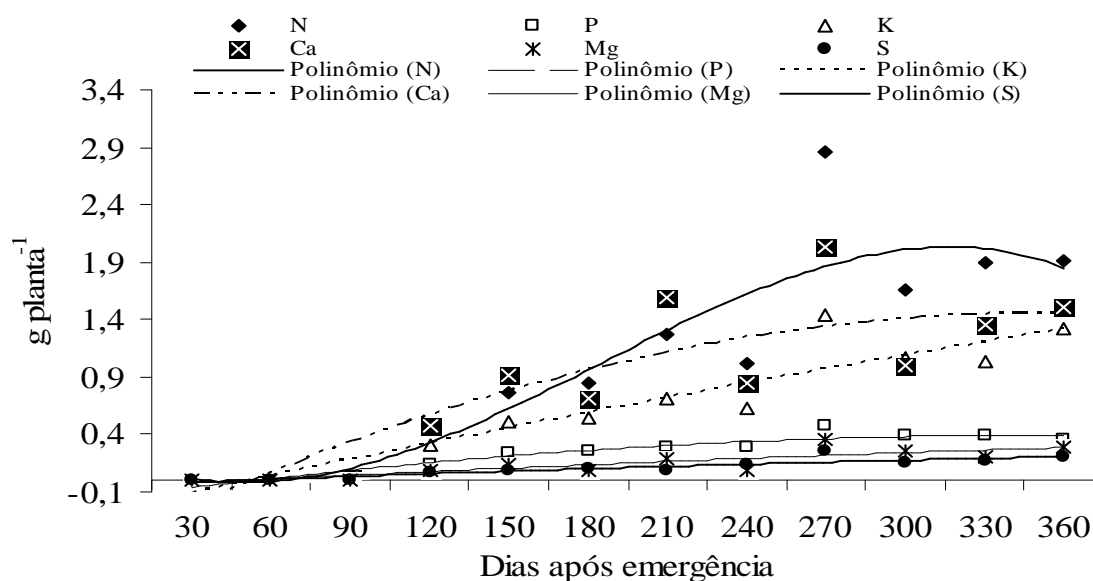


Figura 5. Acúmulo total de macronutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

Tabela 9. Absorção total de macronutrientes (g planta⁻¹) e micronutrientes (mg planta⁻¹) em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.

Época	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g planta ⁻¹ -----					----- mg planta ⁻¹ -----				
30	0,0062	0,0018	0,0046	0,0032	0,0013	0,0009	0,0010	0,0165	0,0153	0,0084
60	0,0108	0,0020	0,0127	0,0090	0,0029	0,0026	0,0812	0,1114	0,2055	0,0192
90	0,0206	0,0027	0,0141	0,0164	0,0047	0,0030	0,0171	0,0384	0,0117	0,0094
120	0,4518	0,1430	0,3045	0,4736	0,0930	0,0692	0,2319	1,0390	0,3158	0,0321
150	0,7543	0,2422	0,5123	0,9091	0,1399	0,0907	0,4361	1,8577	1,0496	0,0472
180	0,8424	0,2472	0,5445	0,7200	0,0844	0,1045	0,3025	1,7771	1,4858	0,0504
210	1,2647	0,2889	0,7173	1,5969	0,1906	0,0786	0,1427	2,0912	0,1905	0,0576
240	1,0237	0,2954	0,6245	0,8420	0,0851	0,1299	0,1335	2,1473	0,2044	0,0521
270	2,8620	0,4796	1,4314	2,0262	0,3619	0,2482	0,3723	4,0490	1,4700	0,0991
300	1,6546	0,3951	1,0694	0,9949	0,2597	0,1553	0,2288	4,2436	0,8357	0,0765
330	1,8898	0,3857	1,0273	1,3577	0,1978	0,1703	0,2397	3,4113	2,6453	0,0848
360	1,9184	0,3525	1,3218	1,5091	0,2909	0,2046	0,2565	4,6436	2,0032	0,1042
Média	1,0583	0,2363	0,6320	0,8715	0,1427	0,1048	0,2036	2,1188	0,8694	0,0534

Não ocorre em nenhum nutriente uma absorção crescente e constante com o desenvolvimento da muda, as interações entre os nutrientes passam a ser muito importantes no sistema de produção de mudas cítricas em ambiente protegido.

4.4.1 Nitrogênio

Houve efeito significativo para a concentração de nutrientes nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice E). Verifica-se que no final do ciclo, a muda cítrica concentrou 80,7 dag kg⁻¹ de N. A folha foi o órgão que mais concentrou N – 37,10 dag kg⁻¹, seguida por raiz – 24,25 dag kg⁻¹ e caule – 19,31 dag kg⁻¹ de N.

A concentração de N na planta inteira foi crescente com a idade começando a decrescer aos 300 dias, até este período a concentração de N acompanha a tendência de crescimento da planta (Figura 6), por ser exigido, quase sempre, em grandes quantidades

pelas plantas, por apresentar funções estruturais, sendo integrante de proteína, clorofila e da molécula de DNA (Fernandes, 2006).

$$\begin{aligned}
 Y \text{ Raiz} &= 0,0005x^6 - 0,0178x^5 + 0,2631x^4 - 1,9095x^3 + 7,0537x^2 - 12,075x + 8,4196 & R^2 &= 0,7497 \\
 Y \text{ Caule} &= -0,00000005x^6 + 0,0025x^5 - 0,0252x^4 + 0,0746x^3 + 0,2763x^2 - 1,7105x + 3,1727 & R^2 &= 0,7997 \\
 Y \text{ Folha} &= 0,0002x^6 - 0,0108x^5 + 0,1855x^4 - 1,5457x^3 + 6,452x^2 - 12,094x + 9,8148 & R^2 &= 0,7808 \\
 Y \text{ Total} &= 0,0006x^6 - 0,0262x^5 + 0,4235x^4 - 3,3806x^3 + 13,782x^2 - 25,88x + 21,407 & R^2 &= 0,9078
 \end{aligned}$$

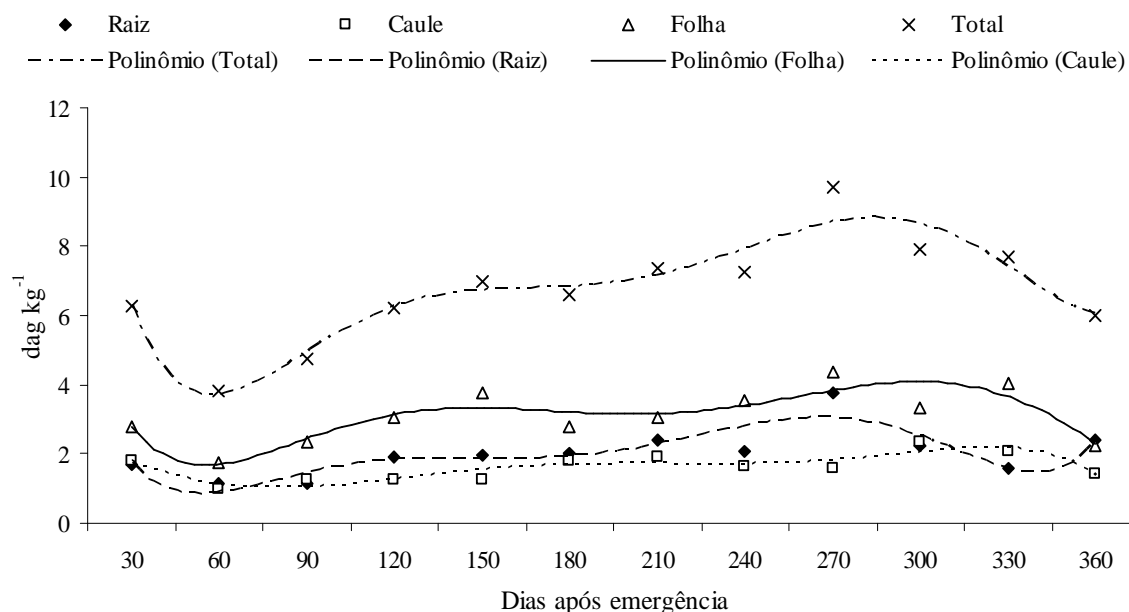


Figura 6. Extração de nitrogênio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

Na planta, a concentração de N tem um decréscimo entre 60 e 90 dias, após este período a planta volta a absorver o nutriente, observando um novo decréscimo na absorção de N aos 180 dias. Após a enxertia (210 dias) a planta volta a concentrar o N e a máxima concentração ocorre aos 270 dias. Aos 360 dias o sistema radicular concentra mais N que as demais partes da planta (Figura 6).

O nitrogênio é considerado o nutriente mais importante nos programas de adubação e, torna-se especialmente crítico para a produção de mudas cítricas, onde a densidade de planta é elevada, com rápido crescimento vegetativo (Boaventura, 2003). Segundo Marschner (1995), o N interfere diretamente na relação raiz/parte aérea, alterando o balanço existente entre estas partes e também a morfologia da planta.

Quando há baixa disponibilidade de N ocorre maior alongamento das raízes, com menor desenvolvimento da parte aérea. Isso ocorre devido a alterações na distribuição

de fotoassimilados e de nutrientes entre as raízes e a parte aérea, levando a um aumento nesta relação (Rufy et al., 1990).

Se for feito o somatório das partes da planta, caule e folha, observa-se que a parte aérea acumulou muito mais N ($0,760 \text{ g planta}^{-1}$) que as raízes ($0,297 \text{ g planta}^{-1}$) demonstrando que ocorre um excesso de N na fertirrigação durante todas as épocas de coleta da muda cítrica (Apêndice 6). As mudas com sistema radicular mais desenvolvido, quando levadas a campo, provavelmente terão mais condições de estabelecimento.

Bernardi et al. (2000) observaram reduções no sistema radicular de plantas cítricas com a utilização de doses elevadas de N. Ainda afirma que isso pode ser considerado um mecanismo de adaptação das plantas para aumentar o volume de solo ou substrato explorado pelas raízes. De acordo com Castle (1978), após a enxertia há favorecimento do crescimento da parte aérea da muda em detrimento do sistema radicular. O que ocorreu aos 240 dias (após a enxertia) a muda diminui a absorção de N nas raízes em favorecimento das folhas (Apêndices B e D). O fato do N translocar facilmente para as partes em crescimento vegetal, pode exemplificar o ocorrido.

A curva de crescimento durante o desenvolvimento da muda cítrica permite observar os estádios de maior exigência do nutriente pela cultura. Como esse sistema de produção de mudas visa o rápido crescimento da planta, utilizando para isso quantidades de nutrientes bastante superiores àquelas empregadas à mudas de campo, existe a necessidade de constante monitoramento deste balanço nutricional.

4.4.2 Fósforo

Houve efeito significativo para a concentração de nutrientes nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice G). O caule com $0,54 \text{ dag kg}^{-1}$ de P, apresentou maior concentração média durante todo o período de formação da muda, seguidas por raízes ($0,53 \text{ dag kg}^{-1}$) e folha ($0,51 \text{ dag kg}^{-1}$).

A planta apresentou também para o fósforo queda na absorção logo aos 60 e 90 dias após a emergência, a mesma tendência apresentada para o nitrogênio (Figura 7). Após o transplântio (120 dias) acentuou-se a absorção de P. De modo geral, com o desenvolvimento da planta, a concentração do nutriente decresce, o que ocorre entre 330 e 360 dias da formação da planta (Apêndice H).

Entre 330 e 360 dias não ocorreu diferença estatística na concentração do P nas partes da planta. Isso é devido ao P participar de um grande número de compostos das plantas e poder ser redistribuído, se necessário, tanto via floema quanto via xilema (Fernandes, 2006).

O valor médio acumulado de P pela muda cítrica foi de 0,2363 g planta⁻¹ de P (Tabela 9). Este valor foi superior ao valor de 0,011 g planta⁻¹ de P encontrado por Tecchio et al. (2006), ao valor de 0,104 g planta⁻¹ de P encontrado por Boaventura (2003), ao valor de 0,108 g planta⁻¹ de P encontrado por Bernardi (1999) e o 0,060 g planta⁻¹ de P encontrado por Castle & Rouse (1990).

$$Y \text{ Raiz} = -1,3x^6 - (-1,0x^5) + (-0,00000008x^4) - (-0,05x^3) + 0,0027x^2 - 0,1599x + 3,64 \quad R^2 = 0,823$$

$$Y \text{ Caule} = -0,015x^6 - (-0,11x^5) + (-0,08x^4) - (-0,000006x^3) + 0,0011x^2 - 0,078x + 2,1526 \quad R^2 = 0,935$$

$$Y \text{ Folha} = -1,3x^6 - (-0,010x^5) + (-0,000000008x^4) - (-0,05x^3) + 0,0022x^2 - 0,1208x + 2,6441 \quad R^2 = 0,649$$

$$Y \text{ Total} = -0,13x^6 - (-0,001x^5) + (-0,07x^4) - 0,0005x^3 + 0,0059x^2 - 0,3587x + 8,4368 \quad R^2 = 0,847$$

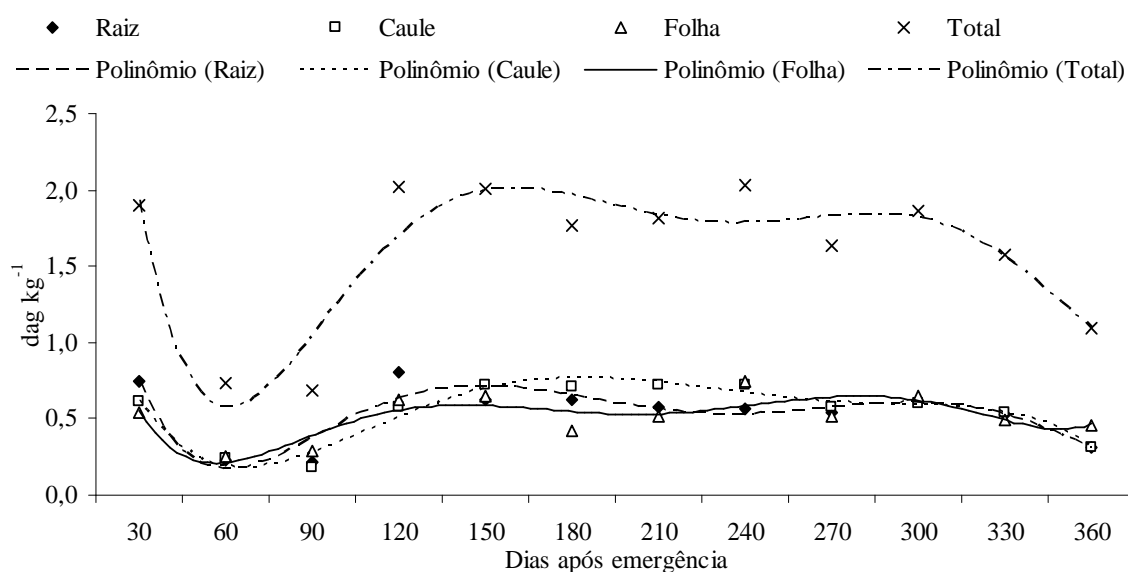


Figura 7. Extração de fósforo na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

4.4.3 Potássio

Houve efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice I). A raiz apresentou maior concentração

média de potássio durante todo o período de formação da muda com $1,608 \text{ dag kg}^{-1}$ de K, seguidas por folha $1,57 \text{ dag kg}^{-1}$ de K e caule $1,273 \text{ dag kg}^{-1}$ de K.

Nas mudas à concentração de K foi igual nas partes da planta até os 60 dias, sendo que no período entre os 120 e 180 dias a raiz foi o maior dreno do K. Com a enxertia as folhas passam novamente a ser o dreno mais forte. Após a poda da haste do limão o potássio passa a se acumular de forma igual nas partes da planta (Figura 8).

$$\begin{aligned} Y \text{ Raiz} &= -0,14x^6 - (-0,0011x^5) + (-0,08x^4) - (-0,000006x^3) + 0,001x^2 - 0,0609x + 2,588 & R^2 &= 0,563 \\ Y \text{ Caule} &= -0,13x^6 + (-0,10x^5) - (-0,7x^4) + (-0,005x^3) - 0,0032x^2 + 0,1658x - 1,0948 & R^2 &= 0,955 \\ Y \text{ Folha} &= -0,13x^6 - (-0,001x^5) + (-0,7x^4) - (-0,005x^3) + 0,0029x^2 - 0,1497x + 4,2097 & R^2 &= 0,903 \\ Y \text{ Total} &= -0,00000014x^6 - (-0,000000011x^5) + (-0,0008x^4) - (-0,00000006x^3) + 0,0007x^2 - 0,0448x + 5,7029 & R^2 &= 0,585 \end{aligned}$$

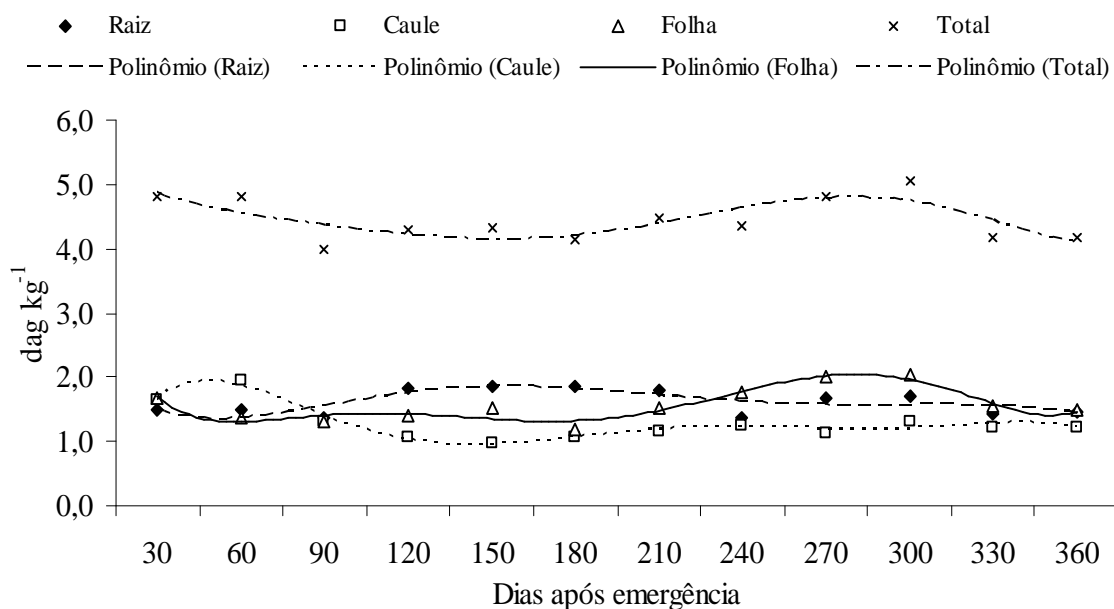


Figura 8. Extração de potássio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

As plantas bem nutridas em potássio apresentam maior síntese de material para a formação da parede celular, as paredes são mais espessas devido a maior deposição de celulose e compostos relativos. Promovendo maior estabilidade e um aumento da resistência das plantas ao acamamento e as infecções de doenças e insetos (Pretty, 1982).

O potássio aumenta à resistência das plantas as condições adversas, tais como, baixa disponibilidade de água e extremos de temperatura, sendo descrito como o nutriente da qualidade na produção vegetal. O acúmulo total de potássio pela muda cítrica aconteceu de forma quase que constante durante todo o ciclo de produção (Apêndice J).

O requerimento de K para o ótimo crescimento das plantas está entre 2,0 % a 5,0 % na matéria seca, variado em função da espécie e do órgão analisado. O potássio é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas, perdendo apenas para o nitrogênio (Faquin, 2005). Nas mudas cítricas estudadas o K foi o terceiro nutriente mais absorvido.

De modo geral, com o desenvolvimento da planta, a concentração do nutriente é crescente. Sendo que entre 300 e 330 dias a planta tem uma redução no acúmulo, com a retirada da haste do limão cravo, voltando a acumular o K aos 360 dias da formação da planta (Apêndice J).

O valor médio acumulado de K pela muda cítrica foi de $0,6320 \text{ g planta}^{-1}$ (Tabela 9). Sendo que Boaventura (2003) encontrou $0,780 \text{ g planta}^{-1}$, Tecchio et al. (2006) $0,636 \text{ g planta}^{-1}$, e Castle & Rouse (1990) $0,050 \text{ g planta}^{-1}$.

4.4.4 Cálcio

Houve efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice K). As folhas ($3,21 \text{ dag kg}^{-1}$) apresentaram maior concentração média de cálcio durante todo o período de formação da muda, seguidas por caule ($1,92 \text{ dag kg}^{-1}$) e raiz ($1,11 \text{ dag kg}^{-1}$).

A quantidade de cálcio, obtida nas folhas, em termos percentuais é alto, quando comparado aos demais nutrientes absorvidos. Sendo que até os 90 dias as folhas apresentaram uma média de 57,70 % de Ca total da planta, após o transplante nos três primeiros meses este valor subiu para 59,98 %, na época da enxertia (210 dias) chegou a 78,08 % e nos três últimos meses este valor decresceu para 48,86 % de Ca total na planta.

As funções que um nutriente exerce no metabolismo vegetal determinam sua mobilidade ou sua redistribuição dentro da planta após sua absorção e incorporação. O cálcio exerce função estrutural, fazendo parte da lamela média da parede celular, por isso não sendo translocado dentro da planta. Além de atuar no crescimento das raízes, na reprodução e sustentação das plantas (Boaventura, 2003).

A muda cítrica acumulou no final do ciclo $0,8715 \text{ g planta}^{-1}$, sendo que Tecchio et al. (2006) encontrou $0,258 \text{ g planta}^{-1}$ (Apêndice L). Os teores de Ca encontrados na parte aérea ($0,68 \text{ g planta}^{-1}$) são bem superiores que os encontrados nas raízes ($0,18 \text{ g planta}^{-1}$), concordando com os resultados obtidos por Boaventura (2003).

A grande concentração de Ca aos 150 dias, com uma rápida ascendência da concentração do nutriente é justificado, pois a planta apresenta um crescimento rápido após o transplântio, pela maior exploração das raízes no substrato. Já a inflexão da curva aos 240 dias (Figura 9) deve-se ao fato da retirada do ramo do limão-cravo que, com a imobilidade do cálcio no floema, acabou-se eliminando os teores de cálcio concentrados ao longo do desenvolvimento da muda.

Segundo Katayama (1993), o K, N e Ca são extraídos em quantidades bem superiores ao P, Mg e S. A grande demanda por Ca pelas plantas cítricas justifica esta alta absorção do nutriente durante todo o ciclo de desenvolvimento da muda. Neste experimento o cálcio foi o segundo macronutriente mais absorvido pelas mudas, perdendo somente para o N.

Na dinâmica de absorção de nutrientes na produção de mudas cítricas, os melhores resultados são obtidos com aplicações mais frequentes e em menores quantidades da fertirrigação, permitindo reduzir as perdas de nutrientes, aumento a eficiência no uso de fertilizantes e promovendo o aumento da produtividade.

$$\begin{aligned}
 Y \text{ Raiz} &= -0,0002x^6 + 0,0074x^5 - 0,0958x^4 + 0,5925x^3 - 1,8156x^2 + 2,7605x - 1,0977 & R^2 &= 0,8681 \\
 Y \text{ Caule} &= 0,0005x^6 - 0,0182x^5 + 0,2802x^4 - 2,0898x^3 + 7,7082x^2 - 12,582x + 7,6455 & R^2 &= 0,5449 \\
 Y \text{ Folha} &= -0,0002x^6 + 0,0055x^5 - 0,0607x^4 + 0,1777x^3 + 0,7009x^2 - 3,2201x + 4,4379 & R^2 &= 0,8333 \\
 Y \text{ Total} &= -0,00000005x^6 - 0,0053x^5 + 0,1237x^4 - 1,3196x^3 + 6,5935x^2 - 13,042x + 10,986 & R^2 &= 0,8173
 \end{aligned}$$

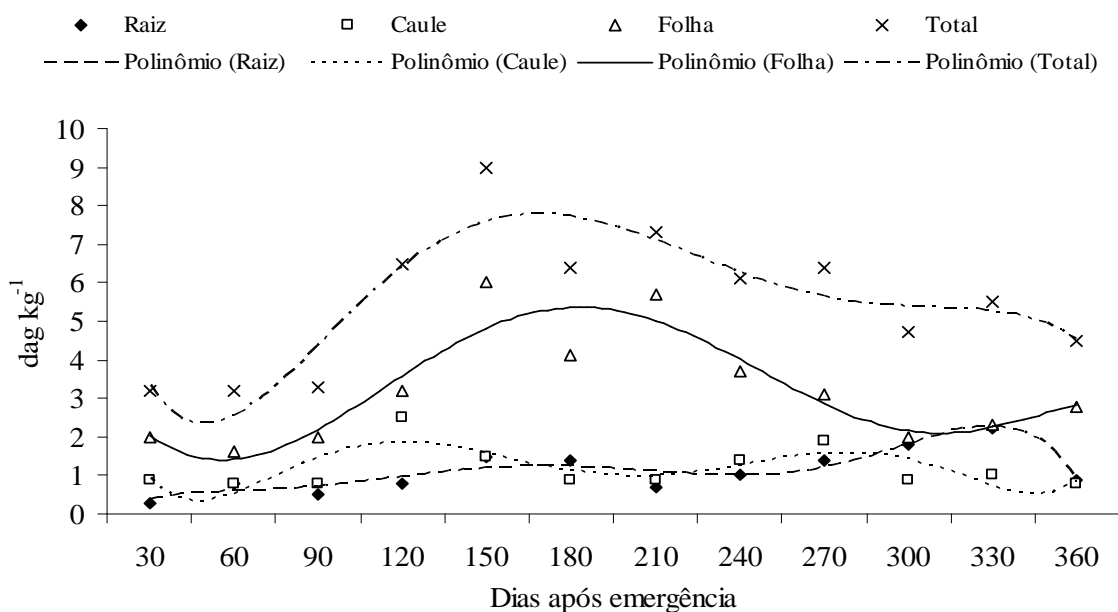


Figura 9. Extração de cálcio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

4.4.5 Magnésio

Houve efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice M). As folhas ($0,43 \text{ dag kg}^{-1}$) concentraram maior quantidade média de Mg durante todo o período de formação da muda, seguidas pelas raízes ($0,39 \text{ dag kg}^{-1}$) e caule ($0,25 \text{ dag kg}^{-1}$).

A alta concentração nas folhas é consequência do Mg ser o átomo central na molécula da clorofila e, assim, está envolvido ativamente na fotossíntese. Também atua no metabolismo do fosfato, na respiração da planta e na ativação de vários sistemas enzimáticos (Lopes, 1998). O teor de magnésio nas folhas das plantas normais varia pouco entre as espécies, estando em geral na faixa de 0,2 % a 0,4 % (Faquin, 2005).

A concentração de Mg na muda variou durante o ciclo de produção, sendo que já aos 60 dias ocorreu uma queda na absorção do nutriente, como também ocorreu com o N, P e Ca. A explicação mais provável para esta redução no processo de absorção nesta época de amostragem, provavelmente, está relacionada com a absorção do K, que nesta fase foi alta, podendo ocorrer efeito inibitório do K sobre a absorção de Ca e Mg (Figuras 6,7,8,9 e 10).

No final da formação da muda observou-se novamente uma leve redução, provavelmente, devido à poda da haste da laranja pera antes de ir para o campo. Essa competição que ocorreu no substrato pode levar a deficiência do elemento na planta. Esta inconstância na absorção do Mg deve ser monitorada a fim de evitar o aparecimento de deficiência, pois o magnésio é facilmente redistribuído na planta.

A muda cítrica acumulou no final do ciclo $0,1427 \text{ g planta}^{-1}$ (Apêndice N), sendo que Boaventura (2003) encontrou $0,049 \text{ g planta}^{-1}$ e Tecchio et al. (2006) $0,010 \text{ g planta}^{-1}$. Os teores de Mg encontrados na parte aérea ($0,086 \text{ g planta}^{-1}$) são bem superiores que os encontrados nas raízes ($0,056 \text{ g planta}^{-1}$).

$$\begin{aligned}
 Y \text{ Raiz} &= -0,00005x^6 - 0,0019x^5 + 0,0305x^4 - 0,2223x^3 + 0,7531x^2 - 0,997x + 0,6386 & R^2 &= 0,5881 \\
 Y \text{ Caule} &= -0,000000005x^6 - 0,0038x^5 + 0,0603x^4 - 0,4646x^3 + 1,812x^2 - 3,3402x + 2,528 & R^2 &= 0,8737 \\
 Y \text{ Folha} &= -0,000000005x^6 - 0,0034x^5 + 0,0511x^4 - 0,3775x^3 + 1,4022x^2 - 2,4008x + 1,9424 & R^2 &= 0,6241 \\
 Y \text{ Total} &= 0,0002x^6 - 0,0092x^5 + 0,1419x^4 - 1,0644x^3 + 3,9673x^2 - 6,738x + 5,1091 & R^2 &= 0,6262
 \end{aligned}$$

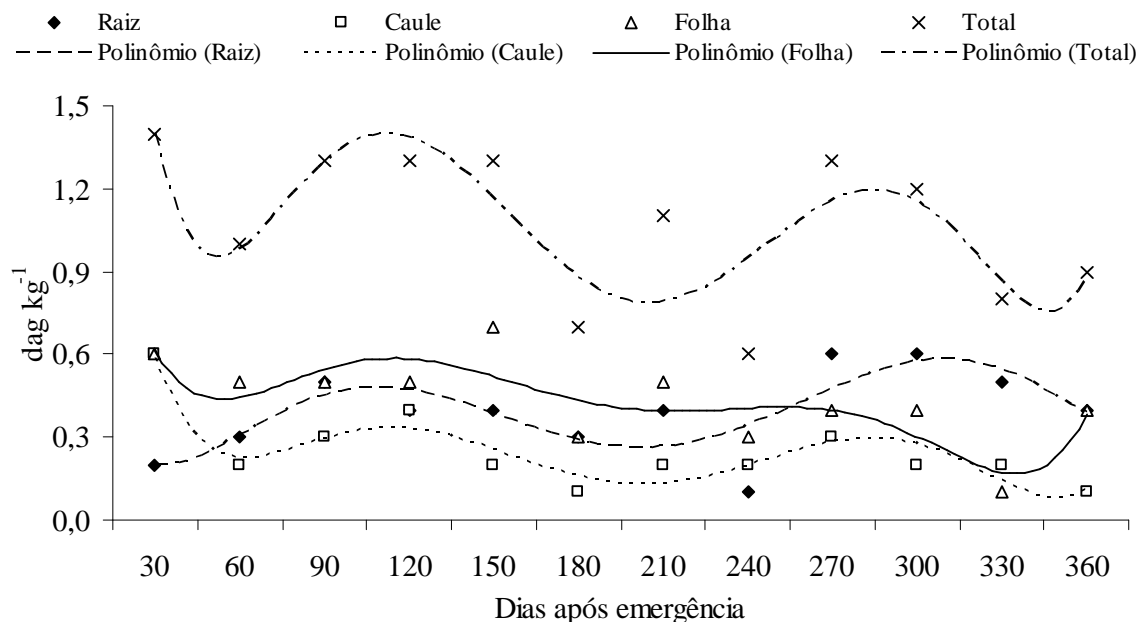


Figura 10. Extração de magnésio na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

4.4.6 Enxofre

Ocorreu efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice O). As raízes acumularam mais S (39,38 %) seguidas pelas folhas (33,95 %) e caule (26,67 %). Boaventura (2003), observou para as mudas desenvolvidas com manejo de fertirrigação, a distribuição do enxofre total acumulado obedeceu à seqüência: folha 44 % > raiz 38 % > caule 17 %.

A concentração do S decresceu aos 210 dias, tornando a crescer no período posterior e aos 330 e 360 dias teve novamente um decréscimo (Figura 11). A concentração de S nas mudas cítricas variou entre 0,50 dag kg⁻¹ a 1,0 dag kg⁻¹, as concentrações de S, comumente encontradas no tecido vegetal de grande parte das culturas, variaram de 0,15 dag kg⁻¹ a 0,50 dag kg⁻¹ (Marschenner, 1995). O que demonstra um consumo de luxo pelas mudas, por isso a maior concentração do S nas raízes, mesmo com a baixa demanda pelas plantas cítricas.

Malavolta (1980) retrata que a retranslocação do S ocorre de forma muito lenta, sendo, porém, o S da raiz e do caule retranslocado para folhas mais novas. Embleton et al. (1978) salientam que aumento nos teores de N tendem a reduzir os teores de S na planta, podendo atingir valores que aproximam aos da deficiência.

Mesmo o N sendo o nutriente mais absorvido, não se observou deficiência de S, possivelmente as mudas cítricas tenham absorvido enxofre aplicado para o controle fitossanitário. Quando considerado a planta inteira, o acúmulo S ocorre de forma constante (Apêndice P) durante todo o processo de formação.

A muda cítrica acumulou no final do ciclo 0,1048 g planta⁻¹, sendo que Boaventura (2003) observou 0,048 g planta⁻¹ e Tecchio et al. (2006) 0,002 g planta⁻¹. Os teores de S acumulado na parte aérea (0,063 g planta⁻¹) são superiores que os encontrados nas raízes (0,042 g planta⁻¹).

$$\begin{array}{ll}
 Y \text{ Raiz} = -0,0000005x^6 - 0,0028x^5 + 0,0432x^4 - 0,3264x^3 + 1,2415x^2 - 2,164x + 1,5846 & R^2 = 0,8001 \\
 Y \text{ Caule} = -0,05x^6 + 0,001x^5 - 0,0166x^4 + 0,134x^3 - 0,5394x^2 + 0,9521x - 0,2311 & R^2 = 0,7844 \\
 Y \text{ Folha} = -0,00000006x^6 - 0,0002x^5 + 0,0017x^4 + 0,0072x^3 - 0,1271x^2 + 0,4047x + 0,0056 & R^2 = 0,4466 \\
 Y \text{ Total} = -0,00005x^6 - 0,002x^5 + 0,0283x^4 - 0,1852x^3 + 0,575x^2 - 0,8072x + 1,3592 & R^2 = 0,6223
 \end{array}$$

◆ Raiz □ Caule △ Folha × Total
 - - - - Polinômio (Raiz) ····· Polinômio (Caule) ——— Polinômio (Folha) - - - - Polinômio (Total)

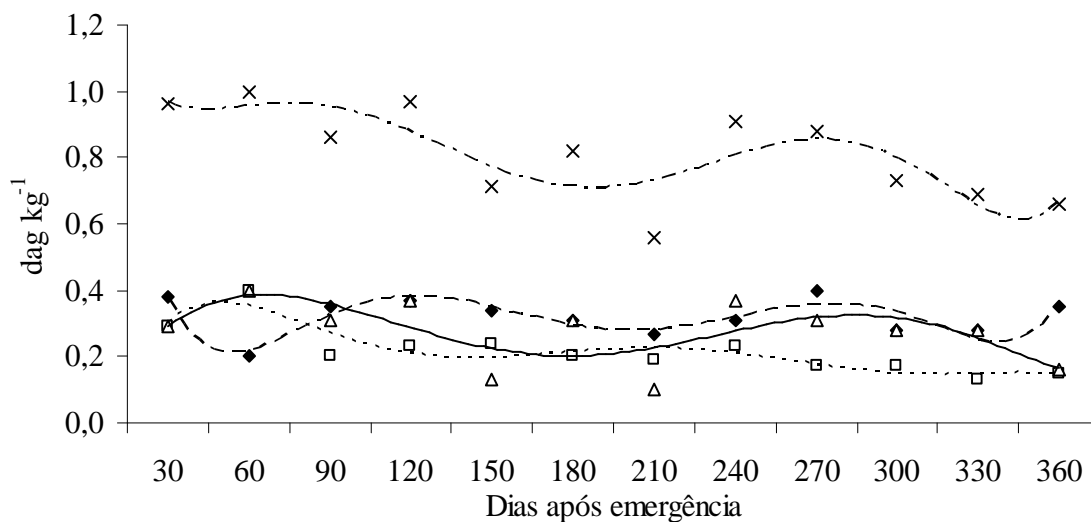


Figura 11. Extração de enxofre na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

4.5 ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES

A solubilidade dos micronutrientes é função do valor do pH do substrato. Fonteno (1996) afirma que, além da possibilidade de ocorrer fitotoxicidade por excesso de Mn solúvel em valores de pH abaixo de 5,4, também aumenta o risco de toxidez do Fe, Zn e Cu, se esses estiverem presentes em quantidades significativas no substrato. Os teores médios acumulado de micronutrientes são: Cu – 0,2036; Fe – 2,1188; Mn – 0,8694 e Zn – 0,0534 mg planta⁻¹.

Os micronutrientes foram absorvidos em maior quantidade na seguinte ordem: Fe > Mn > Cu > Zn (Figura 12). Diferindo em alguns nutrientes do resultado encontrado por Techhio et al. (2006) – Fe > Cu > Mn > Zn > B e dos resultados obtidos por Boaventura (2003) - Fe > Mn > B > Zn > Cu. O que pode se destacar é a alta absorção de Fe encontrado em todos os trabalhos analisados. O acúmulo total de micronutrientes nas partes da planta obedeceu a seguinte ordem: folha (48,54 %) > caule (38,82 %) > raiz (12,65 %).

$$Y_{Cu} = -0,000005x^6 - 0,0012x^5 + 0,0218x^4 - 0,1848x^3 + 0,7694x^2 - 1,3483x + 0,7678 \quad R^2 = 0,5908$$

$$Y_{Fe} = 0,0027x^2 + 0,407x - 0,6704 \quad R^2 = 0,9167$$

$$Y_{Mn} = 0,0048x^3 - 0,0796x^2 + 0,5016x - 0,5228 \quad R^2 = 0,6231$$

$$Y_{Zn} = -1E-06x^2 + 0,0087x - 0,0028 \quad R^2 = 0,9015$$

◆ Cu ■ Fe △ Mn × Zn
 ---- Polinômio (Cu) - - - - - Polinômio (Fe) - - - - - Polinômio (Mn) - - - - - Polinômio (Zn)

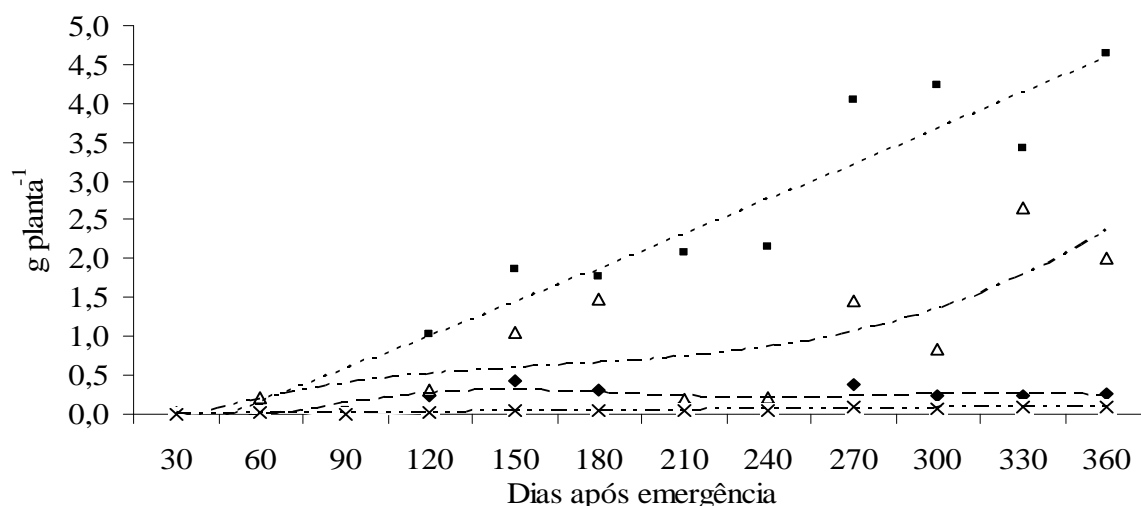


Figura 12. Acúmulo total de micronutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

4.5.1 Cobre

Ocorreu efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice Q). As folhas ($116,41 \text{ mg kg}^{-1}$) apresentaram maior concentração média de Cu durante todo o período de formação da muda, seguida pela raiz ($49,75 \text{ mg kg}^{-1}$) e caule (29 mg kg^{-1}).

A concentração de Cu foi constante nas raízes e caule (Figura 13), já nas folhas ocorre um aumento no período que compreende os 60 aos 180 dias, período este antes da enxertia. Observou-se estabilidade no acúmulo de Cu entre 210 e 360 dias, com exceção aos 270 dias, onde foi analisada a haste do limão cravo e da laranja pera juntos, mas este aumento não foi tão significativo como os observados antes da enxertia (Apêndice Q).

$$Y \text{ Raiz} = 0,0003x^6 - 0,0261x^5 + 0,5773x^4 - 5,2473x^3 + 19,983x^2 - 22,621x + 37,053 \quad R^2 = 0,2927$$

$$Y \text{ Caule} = 0,0055x^6 - 0,2222x^5 + 3,4831x^4 - 26,405x^3 + 97,957x^2 - 157,53x + 110,74 \quad R^2 = 0,8543$$

$$Y \text{ Folha} = 0,0021x^6 - 0,1735x^5 + 4,0051x^4 - 37,152x^3 + 131,02x^2 - 81,227x + 35,477 \quad R^2 = 0,8302$$

$$Y \text{ Total} = 0,008x^6 - 0,4218x^5 + 8,0655x^4 - 68,804x^3 + 248,96x^2 - 261,38x + 183,27 \quad R^2 = 0,8122$$

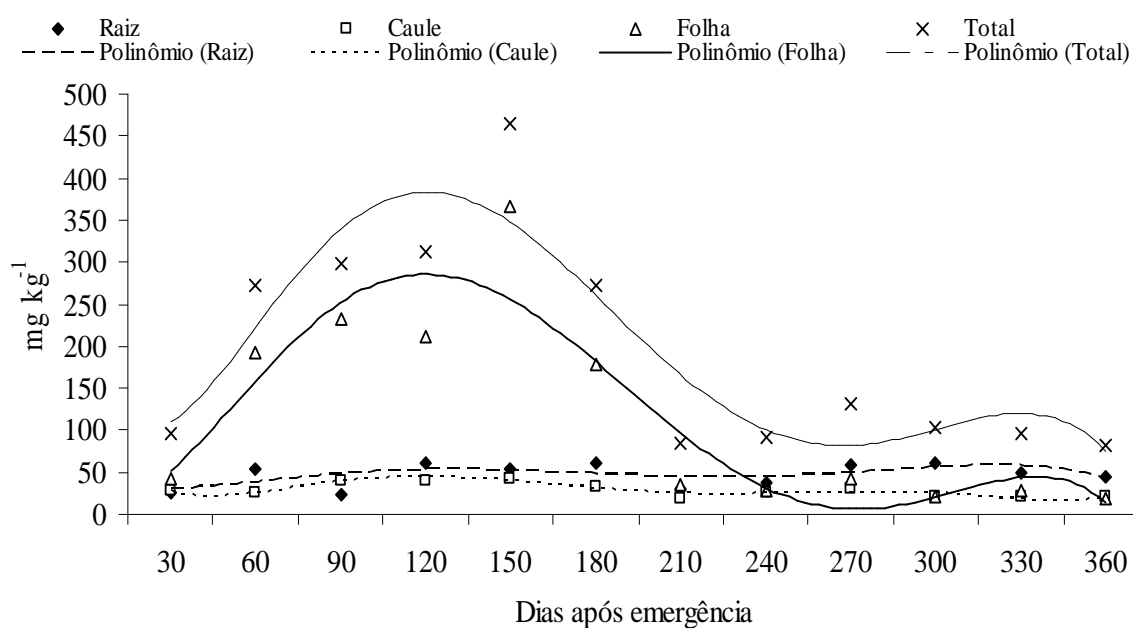


Figura 13. Extração de cobre na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

A planta concentrou Cu até o final do ciclo, a concentração média de Cu variou de 83 mg kg^{-1} à 464 mg kg^{-1} (Apêndice Q). Como a formulação usada na fertirrigação não

altera ao longo do desenvolvimento da muda, provavelmente tenha ocorrido contaminação das mudas com o Cu de algum produto utilizado para o controle fitossanitário que foi aplicado durante o crescimento das plantas. O Cu acumulado na parede vegetal das folhas não pode ser removido com a lavagem do material no laboratório.

A muda cítrica acumulou Cu até o final do ciclo com $0,2036 \text{ mg planta}^{-1}$ (Apêndice R), sendo que Boaventura (2003) observou $4,148 \text{ mg planta}^{-1}$ e Tecchio et al. (2006) $0,639 \text{ mg planta}^{-1}$.

4.5.2 Ferro

Ocorreu efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice S). A raiz (724 mg kg^{-1}) apresentou maior quantidade média de Fe durante todo o período de formação da muda, seguida pelo caule ($395,33 \text{ mg kg}^{-1}$) e as folhas ($387,25 \text{ mg kg}^{-1}$).

A planta absorveu Fe até o final do ciclo, $1,312 \text{ mg kg}^{-1}$ à $1,913 \text{ mg kg}^{-1}$ (Apêndice S), sendo que a concentração de Fe nos tecidos vegetais considerada adequada varia normalmente entre 50 mg kg^{-1} e 250 mg kg^{-1} (Faquin, 2005). Cerca de 48 % do ferro acumulado na muda estava presente nas raízes, e o caule e as folhas acumularam cada um aproximadamente 26 % do nutriente.

Provavelmente, o pH foi o responsável pelas altas quantidades de Fe extraídas e acumuladas nas raízes (Figura 14), pois a casca de pinus é um substrato de reação ácida, associado ao pH da fertirrigação, favoreceu a solubilização do micronutriente, tornando-o mais disponível para a absorção pelas plantas. Em quase todos os meses as raízes acumularam o dobro da quantidade de Fe do que as folhas e caule, sendo que somente aos 60 dias o caule acumulou mais Fe do que as raízes.

O acúmulo de Fe durante o ciclo da planta não apresentou variação discrepante (Apêndice T). A muda cítrica acumulou no final do ciclo $2,1188 \text{ mg planta}^{-1}$, valor menor que o observado por Boaventura (2003) $4,631 \text{ mg planta}^{-1}$ e maior do que o encontrado por Tecchio et al. (2006) $0,9181 \text{ mg planta}^{-1}$.

Furlani et al. (1999) chama a atenção para a importância do monitoramento constante do pH da solução no meio radicular, pois, é uma características qualitativa de

fácil determinação no viveiro, que reflete condições quantitativa dos íons presentes na solução disponível às raízes.

$$\begin{aligned} Y \text{ Raiz} &= 0,1307x^6 - 5,4516x^5 + 88,386x^4 - 700,76x^3 + 2799,4x^2 - 5155,2x + 3885,3 & R^2 &= 0,5427 \\ Y \text{ Caule} &= -0,0972x^6 + 4,1291x^5 - 68,671x^4 + 561,89x^3 - 2313,7x^2 + 4289,8x - 2063,3 & R^2 &= 0,6902 \\ Y \text{ Folha} &= 0,021x^6 - 0,8612x^5 + 13,743x^4 - 107,42x^3 + 421,01x^2 - 743,5x + 806,77 & R^2 &= 0,2006 \\ Y \text{ Total} &= 0,0545x^6 - 2,1837x^5 + 33,457x^4 - 246,3x^3 + 906,79x^2 - 1608,8x + 2628,7 & R^2 &= 0,3864 \end{aligned}$$

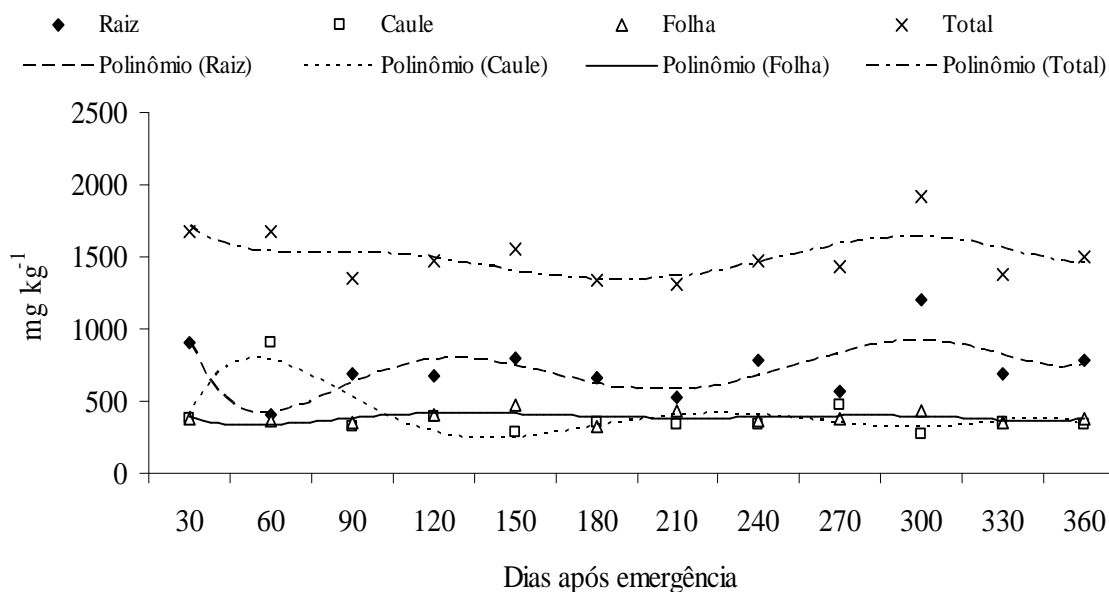


Figura 14. Extração de ferro na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

4.5.3 Manganês

Ocorreu efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice U). A raiz (1.106,42 mg kg⁻¹) apresentou maior quantidade média de Mn durante todo o período de formação da muda, seguidas pelas folhas (85,65 mg kg⁻¹) e caule (43,08 mg kg⁻¹).

Martinez (2002), afirma que a casca de pinus deve ser adequadamente compostada, antes de sua utilização como substrato, para evitar a imobilização de nitrogênio e a toxicidade de alguns elementos, como o Mn. Como ocorreu com o Fe, o Mn também tem a sua disponibilidade afetada pelo pH, sob condições mais ácidas, a disponibilidade é alta.

A planta absorveu Mn até o final do ciclo, a concentração média encontrada variou de 181 mg kg⁻¹ à 3.022 mg kg⁻¹ (Apêndice U), sendo que a concentração de Mn nos tecidos vegetais considerada adequada varia normalmente entre 10,0 a 20,0 mg kg⁻¹. Os teores tóxicos variam, dependendo da espécie, de 100 à 7.000 mg kg⁻¹ (Faquin, 2005).

Isto explica a alta variação do Mn ao longo do desenvolvimento da muda e a não apresentação de sintomas de toxidez. Cerca de 90 % do manganês acumulado na muda estava presente nas raízes (Apêndice V), sendo que o caule acumulou 3,5 % e as folhas aproximadamente 7,0 % do nutriente. As raízes tornaram, tanto para o Fe como para o Mn, local de armazenamento do excesso do nutriente absorvido pela planta, o que foi observado por Boaventura (2003). A linha de tendência para raízes e o total (planta inteira) apresentam similar tendência no acúmulo de Mn (Figura 15). Boaventura (2003) afirma que as raízes acumulam muito mais manganês do que o caule e as folhas e que, portanto, são mais sensíveis para o diagnóstico de toxicidade de Manganês.

Possivelmente o porta-enxerto absorveu e acumulou o Mn mas não conseguiu redistribuí-lo para as folhas, ocorrendo os sintomas de deficiência. Hiroce et al. (1981), estudando a influência de vários porta-exertos sobre a concentração de manganês nas folhas de copa, concluíram que existem diferenças entre porta-enxertos no acúmulo de manganês nas folhas e Dasberg (1996), afirma que os efeitos de porta-enxertos no conteúdo mineral da folha podem ser muito fortes.

O acúmulo de Mn durante o ciclo da planta apresentou variação discrepante (Figura 15). A muda cítrica acumulou no final do ciclo 0,8694 mg planta⁻¹, valor maior que o observado por Boaventura (2003) 0,747 mg planta⁻¹ e por Tecchio et al. (2006) 0,5977 mg planta⁻¹.

Logo após o transplântio, aos 120 dias, o Mn aumentou 677 % com relação ao mês anterior (Apêndice 21). E aos 180 dias, quando atingiu a maior concentração, este valor já era 327 % maior que o observado aos 120 dias. Aos 240 dias, este valor diminuiu consideravelmente, sendo o menor valor observado após o transplântio que ocorreu com 90 dias, chegando a diminuir mais de mil por cento, do maior valor observado.

Variações destacáveis como estas foram observadas durante todo o ciclo. Entre o menor valor observado, aos 90 dias, e maior, aos 180 dias, ocorreu uma diferença maior que 2.200 %. Vale ressaltar que as quantidades de nutrientes fornecidas não variam ao longo do desenvolvimento da muda. Este mesmo comportamento no acúmulo do Mn

também foi observado por Boaventura (2003), que chegou a encontrar diferenças 735 % no acúmulo total de manganês.

$$\begin{aligned} Y \text{ Raiz} &= -0,2815x^6 + 8,941x^5 - 98,512x^4 + 412,86x^3 - 275,47x^2 - 1269,2x + 1410,2 & R^2 &= 0,6325 \\ Y \text{ Caule} &= -0,0076x^6 + 0,2954x^5 - 4,429x^4 + 32,389x^3 - 117,99x^2 + 188,64x - 41,462 & R^2 &= 0,5530 \\ Y \text{ Folha} &= -0,0116x^6 + 0,3528x^5 - 3,5599x^4 + 11,255x^3 + 15,818x^2 - 97,368x + 125,97 & R^2 &= 0,6683 \\ Y \text{ Total} &= -0,3007x^6 + 9,5893x^5 - 106,5x^4 + 456,5x^3 - 377,64x^2 - 1178x + 1494,7 & R^2 &= 0,6287 \end{aligned}$$

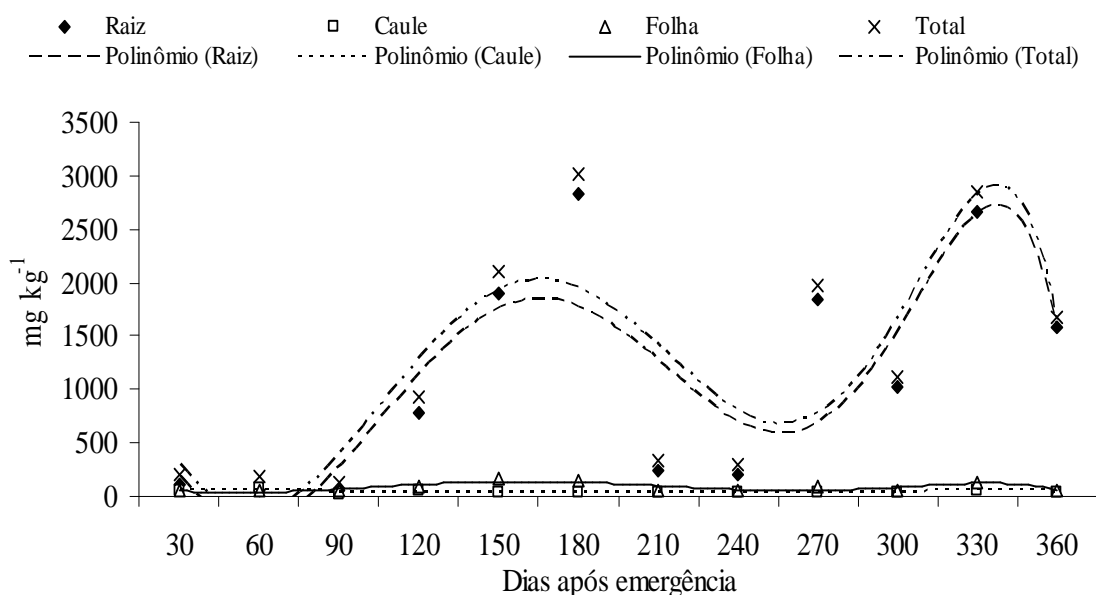


Figura 15. Extração de manganês na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

4.5.4 Zinco

Ocorreu efeito significativo para a concentração do nutriente nas partes da planta em função das épocas de coleta e para a interação época e partes da planta, sendo não significativa dentro das repetições (Apêndice W). A raiz ($48,31 \text{ mg kg}^{-1}$) apresentou maior quantidade média de Zn durante todo o período de formação da muda, seguida pelas folhas ($26,42 \text{ mg kg}^{-1}$) e caule ($25,02 \text{ mg kg}^{-1}$). O que representa cerca de 48,30 % acumulado na raiz, 26,41 % nas folhas e 25,02 % no caule.

A planta absorveu Zn até o final do ciclo, a concentração média encontrada variou de $79,3 \text{ mg kg}^{-1}$ à $124,2 \text{ mg kg}^{-1}$ (Apêndice W). Sendo que a concentração ótima de Zn varia de acordo com as espécies, mas está entre 20 a 120 mg kg^{-1} na matéria seca das plantas. Deficiências do elemento são associadas com teores menores que 20 mg kg^{-1} e toxidez considerada com valores acima de 400 mg kg^{-1} (Furlani, 2005).

O zinco foi o micronutriente menos absorvido, mesmo assim a concentração de Zn na parte aérea da muda foi constante durante todo o ciclo, não observando o efeito de diluição, que é ocasionado ao aumento na produção de matéria seca no decorrer do experimento (Apêndice X). Sendo que a concentração caiu após a enxertia (240 dias), provavelmente pelo desenvolvimento do ramo da laranja pera. A concentração do Zn apresentou-se constante para as folhas e caule, nas raízes observou-se um decréscimo aos 60 dias, aos 240 dias e aos 360 dias, sendo que nos demais períodos a curva esteve em ascensão (Figura 16).

A muda cítrica acumulou no final do ciclo $0,0534 \text{ mg planta}^{-1}$, valor menor que o observado por Boaventura (2003) $0,357 \text{ mg planta}^{-1}$ e por Tecchio et al. (2006) $0,1956 \text{ mg planta}^{-1}$. Quando observada a planta inteira, o acúmulo de Zn deu de forma contínua e crescente (Apêndice X), após o transplântio, aos 120 dias, a muda já tinha acumulado mais de 70 % do valor anterior.

A concentração do Zn apresentou-se constante para as folhas e caule, nas raízes observou-se um decréscimo aos 60 dias, aos 240 dias e aos 360 dias, sendo que nos demais períodos a curva esteve em ascensão.

$$\begin{aligned} Y \text{ Raiz} &= 0,0063x^6 - 0,2756x^5 + 4,6566x^4 - 38,139x^3 + 155,09x^2 - 279,02x + 191,21 & R^2 &= 0,8487 \\ Y \text{ Caule} &= -0,00005x^6 + 0,0026x^5 - 0,0518x^4 + 0,4552x^3 - 1,6038x^2 + 0,8874x + 27,499 & R^2 &= 0,6554 \\ Y \text{ Folha} &= -0,0004x^6 + 0,0157x^5 - 0,2329x^4 + 1,8801x^3 - 9,2529x^2 + 24,888x + 5,6439 & R^2 &= 0,8645 \\ Y \text{ Total} &= 0,0058x^6 - 0,2573x^5 + 4,372x^4 - 35,804x^3 + 144,23x^2 - 253,25x + 224,36 & R^2 &= 0,7492 \end{aligned}$$

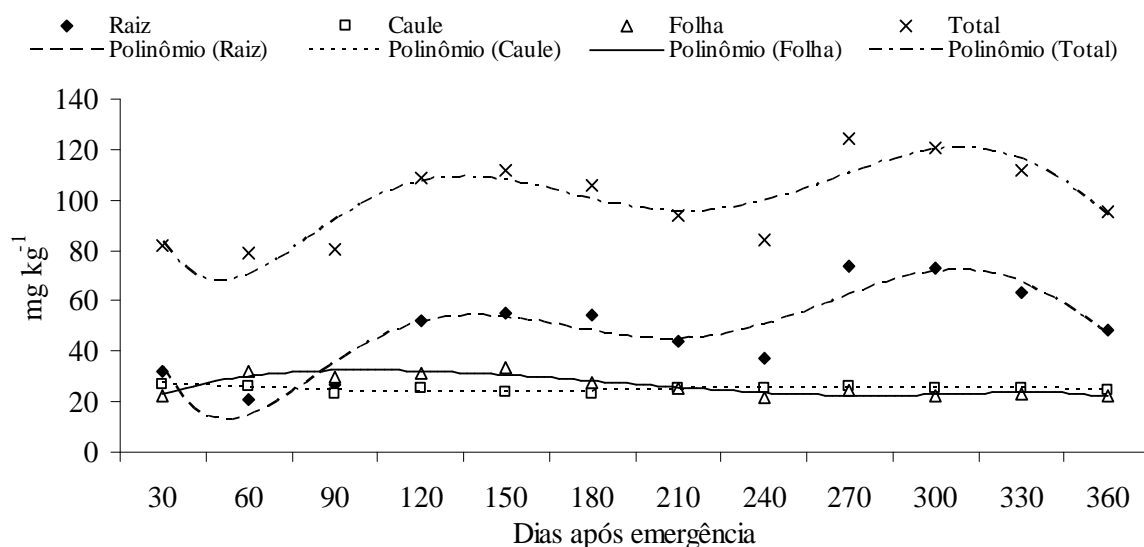


Figura 16. Extração de zinco na raiz, caule, folhas e planta inteira, em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de coleta.

5 CONCLUSÕES

Os nutrientes N, Ca, Mg e Cu acumulam em maior quantidade nas folhas. O P teve maior concentração média observada no caule. Os nutrientes K, S, Fe, Mn e Zn acumulam em maior quantidade nas raízes.

A demanda por nutrientes acompanhou a curva de crescimento da mudas, sendo o acúmulo dos nutrientes crescente com a idade da planta.

A maior demanda por nutrientes ocorre após o transplântio (150 aos 180 dias) e após a enxertia (270 dias).

Os nutrientes acumularam em maior quantidade na seguinte ordem: macronutrientes – N>Ca>K>P>Mg>S, e micronutrientes - Fe>Mn>Cu>Zn,

O acúmulo nas partes da planta obedece a seguinte ordem: macronutrientes: folha > caule > raiz, micronutrientes: raiz > folha > caule.

6 REFERÊNCIAS

ABAD, M.; NOGUERA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CADAHIA, C. (Ed.). **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Mundi-Prensa, 1998. p. 287-342.

ANDRADE, E. N. **Campanha Citrícola**. São Paulo, Brasil, Rothschild, 1930. 191 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EXPORTADORES DE CITRUS. **A história da laranja e produção da laranja**. Disponível em <<http://www.abecitrus.com.br/historia>>. Acesso em: 22 jun. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EXPORTADORES DE CITRUS. **Produção de laranja**. Disponível em <<http://www.abecitrus.com.br/safrano>>. Acesso em: 22 set. 2008.

AUGUSTÍ, M.F., ALMELA, V.O., AZNAR, M.A. JUAN, M; ERES, V. **Desarrollo y tamaño final del fruto en los agrios**. Valência: Generalitat Valenciana, 1995. 80p.

BARBOSA, Z.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L.A. **Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira**. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal, v. 25, n. 3, 2003. p. 519-522.

BATAGLIA, O.C. Ferro. In.: FERREIA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) Micronutrientes na Agricultura. **Simpósio sobre micronutrientes na agricultura**, 1. Jaboticabal, 1988. Anais, 1991. p.159-190.

BATAGLIA, O.C.& FURLANI, P.R. Nutrição Mineral e Adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: **Encontro nacional sobre substrato para plantas**, 4., 2004, UFV. Anais. Viçosa: ed. UFV. p. 106-128, 2004.

BERNARDI, A.C. de C. **Produção de mudas de citros em vasos em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio**. Piracicaba, 1999. 84p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”, Universidade de São Paulo, 1999.

BERNARDI, A.C.; CARMELLO, C.A.; CARVALHO, S.A. Growth and nutrient leaching of containerized citrus rootstock due to fertilizations with nitrogen, phosphorus and potassium. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., 1999, Ribeirão Preto, **Proceedings...** p. 249-253.

BERNARDI, A.C.C.; CARMELLO, Q.A.C.; CARVALHO, S.A. de Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 761-767, 2000.

BEZERRA, F. C. Produção de Mudanças de Hortaliças em Ambiente Protegido. **Documento 72 Embrapa**. ISSN 1677-1915. Dezembro, 2003. Fortaleza, CE. Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 72).

BOAVENTURA, P.S.R. **Demanda por nutrientes de mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido**. 2003. Dissertação (de Mestrado) - Instituto Agrônomo, Campinas. 2003.

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

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

BOOMAN, J. L. E. Evolução dos substratos usados em horticultura ornamental na Califórnia. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.) **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 43-65.

BROSCHAT, T.K. Nitrate, phosphate and potassium leaching from container-grown plants fertilized by several methods. **HortScience**, Alexandria v.30, n.1, p.74-77, 1995.

BUNT, A. C. **Media and mixes for container-grown plants**. London:Unwin and Hyman, 1988. Cap. 4: Principles of nutrition.

CABRERA, R. A. D. **Produção de mudas cítricas em viveiro: uso de substrato alternativo e inoculação com *Xylella fastidiosa***. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

CADAHIA, C. **Fertirrigacion: cultivos hortícolas y ornamentals**. Madrid: Mundi-Prensa, 1998. 475 p.

CARVALHO, S.A. Estratégias para estabelecimento de matrizes, borbulheiras e viveiros de citros em ambiente protegido. In: DONADIO, L.C.; RODRIGUEZ, O. (Ed.). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - TRATOS CULTURAIS, 5., 1998, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Fundação Cargill, 1998. p.67-101.

CARVALHO, S.A de; LARANJEIRA, F.F. Protótipo de viveiro de mudas certificadas e borbulheiras sob telado à prova de afídeos do Centro de Citricultura-IAC. **Laranja**, Cordeirópolis, v.15, n.2, p.213-220, 1994.

CASTLE, W.S. Citrus root systems: their structure, function, growth, and relationship to tree performance. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, Sidney, 1978. **Proceedings...** Sidney, International Society of Citriculture, 1978. p.62-69.

CASTLE, W.S.; ROUSE, R.E. Total mineral nutrient content of Flórida citrus nursery plants. **Proceedings of Flórida State Horticultrual Society**, v. 103, p.42-4. 1990.

CAVINS, T.J.; WHIPKER B. E.; FONTENO, W.C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet / NCSU**, Raleigh, n.590, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

COETZEE, J.G.K.; ESSELEM, L.; VAN ROOYEN, A. Fertilization of nursery trees alternative metod. In: WORLD CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF CITRUS NURSERYMEN, 2., 1993, South Africa. **Proceedings**: South Africa: International Society of Citrus Nurserymen, 1993. p.143-150.

DASBERG, S. Análises foliares de citros em Israel. In: **Seminario Internacional de Citrus, Nutrição E Adubação**. Campinas, Fundação Cargill, 1996. p.41-50.

DECHEN, A.R.; CASTRO, P.R.C.; NACHTIGALL, G.R. Pragas e doenças em citros: fisiologia e nutrição mineral. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n.2, p.100-107, 2004.

EMBLETON, T.W.; JONES, W.W.; PASSARES, C.; PLATT, R.G. Effects of fertilization of citrus on fruit quality and ground water nirate-poluition potential. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 1978, Sidney. **Proceedings...** Sidney: Internatioanal Society of Citriculture, 1978. p.280-285.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, 1979. 247 p.

FAO. Committee On Commodity Problems. Intergovernmental Group On Citrus Fruit. **Projections Of World Production And Consumption Of Citrus To 2010**, Cuba, 2003.

FERNADES, E.P. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes de crisântemos (*Dendranthema grandiflorum*, cv. Salmon Reagen) para corte, no período de inverno e verão**. 2006. Tese (de Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2006.

FONTENO. W.C. Growing media: types and physical/chemical properties. In: REED, D.W. (ed.) **A growers guide to water, media, and nutrition for greenhouse crops**. Batavia: Ball, 1996. p.93-122.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 182p.

FURLANI, P.R; SILVEIRA, L.C.P; BOLONHEZI, D & FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico (Boletim Técnico, 180), 1999. 52 p.

FURTINE NETO, A.E.; TOKURA, A.M.; RESENDE, A.V. **Interpretação de análise de solo e manejo da adubação**. Lavras-MG: UFLA/FAEPE, v.1, 2002. 159p.

GONÇALVES, A.L. Substratos para produção de mudas de plantas ornamentais. In: Minami, K. (Ed). **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Queroz, p.107-115, 1995.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.

GRAF, C.C. **Produção de mudas sadias**. In: EPAMIG (Ed.). Citricultura do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Uberaba: EPAMIG, 1999. p.37-40.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial "Casca de Tunge" como componente de substrato para plantas**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. **Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo**. 3.ed. Cordeirópolis, 1994. 27 p.

GRUPO DE COORDENAÇÃO DE ESTATÍSTICAS AGROPECUÁRIAS - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO - **Levantamento sistemático da produção agrícola**, Setembro 2008.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HIROCE, R.; PONPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J.O. Efeito de dez porta- enxertos na composição mineral das folhas de laranja Valência. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981, Recife: **Anais...** Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. p.626-633.

HUME, H.H. **Cultura das plantas cítricas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 1952. 562p.

IBGE – **Produção agrícola municipal e levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em:< www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 22 fev. 2007.

IBGE – **Produção agrícola municipal e levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 20 de Ago. 2008.

JOAQUIM, D. **Produção de mudas de citros em condições controladas: casa de vegetação, substratos e recipientes**. Valencia, 1997. 105p. Dissertação de Mestrado - Universidad Politécnica de Valencia. 1997.

KAMPF, A. N.; FERMINO, M.H. Seleção de materiais para uso como substrato. In: SUBSTRATOS PARA PLANTAS 1: A BASE DA PRODUÇÃO VEGETAL EM RECIPIENTES, 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2000, p. 139-145.

KAMPFER, M.; UEXKULL, H.R. von. **Nuevos conocimientos sobre la fertilización de los cítricos**. 3 ed. Hanover: Verlag Gessellschaft fur Ackerbau, 1966. 492 p.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba; Potafos, 1993. p.141-148.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1998. 177p.

LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; SANCHES, L. V. C.; VILLAS-BÔAS, R. L. **Caracterização química de substratos formulados com casca de pinus e terra vermelha**. In: IV Encontro Nacional sobre substratos para plantas, 2008, Fortaleza. VI ENSUB, 2008.

MACEDO JUNIOR, E.K. **Crescimento e produtividade de pepino (*Cucumis sativus* L.) enxertado e não enxertado, submetido à adubação convencional em cobertura e fertirrigação, em cultivo protegido**. 1998. 129 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1998.

MALAVOLTA, E. **Elemento de nutrição de plantas**. São Paulo: ed. Agronômica Ceres, 1980, 253p.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba: Potafos, 1989. 21p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFÓS. Piracicaba, 1989. 201p.

MARCHAL, J.; LACOEUILHE, J.J. Bilan minéral du mandarinier 'Wilking'. Influence de la production et de l'état végétatif de l'arbre sur sa composition minérale. **Fruits**, Paris, v.24, p.299-318, 1969.

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

MAUST, B.E.; WILLIAMSON, J.G. Nitrogen nutrition of containerized citrus nursery plants. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.2, p.195-201, 1994.

MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: **Encotro nacional sobre substrato para plantas**, 3., 2002, Campinas, 2002. p. 7-15. (Documentos IAC, 70).

MINAMI, K. **Fisiologia da produção de mudas**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. 129 p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CENTEC. **Produtor de Cítricos**, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2.ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 64 p.

NEVES, F.N. & LOPES, F.F. (ed.) **Estratégias para a Laranja no Brasil**. São Paulo, 2005. 225 p.

NEVES, F.N.; LOPES, F.F.; TROMBIN, V.G.; AMRO, A.A.; NEVES, E.M.; JANK, M.S. **Caminhos para a citricultura**. São Paulo, 2007. 110 p.

PÁDUA JÚNIOR, ALCEU LINARES. **Determinação da disponibilidade de cobre em substratos**. Campinas, 2006. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico. Curso De Pós-Graduação Em Agricultura Tropical E Subtropical. 2006.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F.C.P.; POMPEU JUNIOR, J. & AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.265-280.

PRETTY, K.M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (Eds.) **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos (EUA), 1982. p.177-194.

QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.L. Micronutrientes para Frutíferas Tropicais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. (Ed.) **Micronutrientes tóxicos e metais pesados na agricultura**. Jaboticabal: CNPq; Fapesp; Potafos, 2001. p.459-491.

RODRIGUEZ, O. Aspectos Fisiológicos, Nutrição e Adubação dos Citros. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F.C.P.; POMPEU JUNIOR, J. & AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.265-280.

RUFTY, T.W.; MACKOWN, C.T.; VOLK, R.J. Alteration in nitrogen assimilation and partitioning in nitrogen stressed plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 79, p.85-95, 1990.

SCIVITTARO, W. B., OLIVEIRA, R. P., MORALES, C. F. G., E. B. RADMANN. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro ‘cravo’ em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 131-135, abr. 2004.

SEMPIONATO, O.R.; GRASSI FILHO, H. Nova formulação para fornecimento de micronutrientes aos citros. **Informativo Coopercitrus**, v.6, n.68, p.19-20, 1992.

SHARMA, G. C. Controlled-release fertilizers and horticultural applications. **Scientia Horticulturae**, Alabama, USA, v.11, n. 2, p. 107-129. 1979

SMITH, P.F. Leaf analysis of citrus. In: CHILDERS, N.F. (ed.) **Fruit nutrition**. News Brunswick : Horticultural Publications Rutgers, 1966, p.208-228.

SONNENBERG, P.E. **Olericultura especial**. 3^o ed., v. 1, Goiânia: UFG, 1985. v. 1, 188 p.

SOPRANO, E.; BRITO, C.J.F.A. de. **Caracterização de deficiências nutricionais em**

mudas cítricas. Itajaí: EPAGRI, 1997. 4p.

SWINGLE, W.T.; REECE, P.C. The Botany of citrus and its wild relatives. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J. (Ed.) **The citrus industry.** Berkely: University of California, 1967, p. 190-430.

TECCHIO, M.A.; LEONEL, S; LIMA, C.P.; VILLAS BOAS, R.L.; ALMEIDA, E.L.P.; CORRÊA, J.C. Crescimento e acúmulo de nutrientes no porta-enxerto citrumelo 'Swingle', cultivado em substrato. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.22, n.1, p.37-44, 2006.

TEOFILO SOBRINHO, J. Propagação dos Citros. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F.C.P.; POMPEU JUNIOR, J. & AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura brasileira.** 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.265-280.

VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T.; FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: cítrus, flores, hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 293-319.

WEBBER, H.J. History and development of citrus Industry. **The citrus industry**, Berkeley, University of California. v. 1, n. 1, p.190-430. 1967.

WILKINSON, R.E.; DUNCAN, R.R. Magnesium influence on calcium ($^{45}\text{Ca}^{+2}$) absorption by sorghum root tips. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.10, p.1917-1920, 1993.

YAMAUCHI, T.; HARA, T.; SONODA, Y. Effects of boron deficiencies and calcium supply on the calcium metabolism in tomato plant. **Plant and Soil**, v.93, p.223-231, 1986.

APÊNDICES

Apêndice A. Teste F e Coeficiente de variação (CV %) para a concentração de nutrientes em mudas cítricas.

Elemento	Teste F							
	Época	Parte	E x P	Repetição	CV (%)			
Fitomassa	246,55 **	660,57 **	29,34 **	4,51 n.s	16,24			
N	245,78 **	629,13 **	35,03 **	3,81 n.s	17,54			
P	194,64 **	649,94 **	24,67 **	3,42 n.s	16,38			
K	209,88 **	552,32 **	26,84 **	4,40 n.s	17,87			
Ca	194,40 **	698,74 **	35,88 **	3,35 n.s	17,79			
Mg	200,95 **	514,21 **	29,90 **	2,95 n.s	19,13			
S	253,00 **	702,60 **	33,32 **	4,89 n.s	15,94			
Cu	273,43 **	927,19 **	56,30 **	1,50 n.s	14,24			
Fe	214,05 **	570,72 **	30,52 **	5,07 n.s	18,13			
Mn	429,26 **	1619,47 **	126,10 **	3,35 n.s	16,36			
Zn	262,81 **	769,89 **	36,19 **	4,39 n.s	15,92			

Apêndice B. Absorção de macronutrientes (g planta⁻¹) e micronutrientes (mg planta⁻¹) em raiz de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem., Goiânia, GO.

Época	g planta ⁻¹					mg planta ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
30	0,0012	0,0005	0,0011	0,0002	0,0001	0,0003	0,0019	0,0656	0,2239	0,0961
60	0,0042	0,0009	0,0056	0,0030	0,0011	0,0007	0,0204	0,1497	0,1208	0,0631
90	0,0007	0,0001	0,0008	0,0003	0,0003	0,0002	0,0014	0,0407	0,1112	0,0811
120	0,1292	0,0551	0,1238	0,0544	0,0272	0,0252	0,4216	4,5968	3,5968	0,1625
150	0,2683	0,0864	0,2546	0,2053	0,0547	0,0465	0,7527	10,8395	11,9061	0,1781
180	0,2655	0,0829	0,2445	0,1840	0,0394	0,0407	0,7886	8,7660	17,6625	0,1763
210	0,2542	0,0618	0,1922	0,0748	0,0427	0,0288	0,3204	5,6818	1,2435	0,1418
240	0,3016	0,0807	0,1953	0,1436	0,0144	0,0445	0,5313	11,1721	1,5408	0,1251
270	0,7322	0,1056	0,3215	0,2712	0,1162	0,0775	1,1235	11,0990	15,2619	0,2396
300	0,5123	0,1402	0,3934	0,4117	0,1372	0,0640	1,4179	27,5126	8,6440	0,2425
330	0,3868	0,1303	0,3499	0,5421	0,1232	0,0690	1,2074	16,8784	27,8454	0,2136
360	0,7052	0,0936	0,4326	0,2667	0,1185	0,1037	1,3037	23,0521	20,3205	0,1751
Média	0,297	0,070	0,210	0,180	0,056	0,042	0,658	9,988	9,040	0,158

Apêndice C. Absorção de macronutrientes (g planta⁻¹) e micronutrientes (mg planta⁻¹) em caule de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO.

Época	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
30	0,0015	0,0005	0,0013	0,0007	0,0005	0,0002	0,0023	0,0311	0,1116	0,0814
60	0,0017	0,0004	0,0033	0,0014	0,0003	0,0007	0,0042	0,1536	0,1516	0,0791
90	0,0045	0,0006	0,0047	0,0029	0,0011	0,0007	0,0147	0,1139	0,0511	0,0697
120	0,0869	0,0400	0,0745	0,1725	0,0276	0,0159	0,2760	2,7048	0,2251	0,0822
150	0,1755	0,1013	0,1337	0,2089	0,0279	0,0334	0,5989	3,8857	0,2715	0,0844
180	0,3085	0,1198	0,1831	0,1525	0,0169	0,0339	0,5763	5,8814	0,3094	0,0871
210	0,3029	0,1159	0,1849	0,1435	0,0319	0,0303	0,3029	5,4515	0,2430	0,0924
240	0,2939	0,1295	0,2208	0,2493	0,0356	0,0410	0,4631	5,9307	0,2660	0,0934
270	0,4883	0,1801	0,3545	0,5909	0,0933	0,0529	0,9641	14,8658	0,4933	0,1088
300	0,4171	0,1072	0,2337	0,1618	0,0360	0,0306	0,3776	4,9445	0,3242	0,0930
330	0,5096	0,1342	0,3004	0,2462	0,0492	0,0320	0,4924	8,6909	0,5508	0,1005
360	0,4512	0,1018	0,3932	0,2578	0,0322	0,0483	0,6446	10,7648	0,5538	0,1069
Média	0,2535	0,0859	0,1740	0,1824	0,0294	0,0267	0,3931	5,2849	0,2959	0,0899

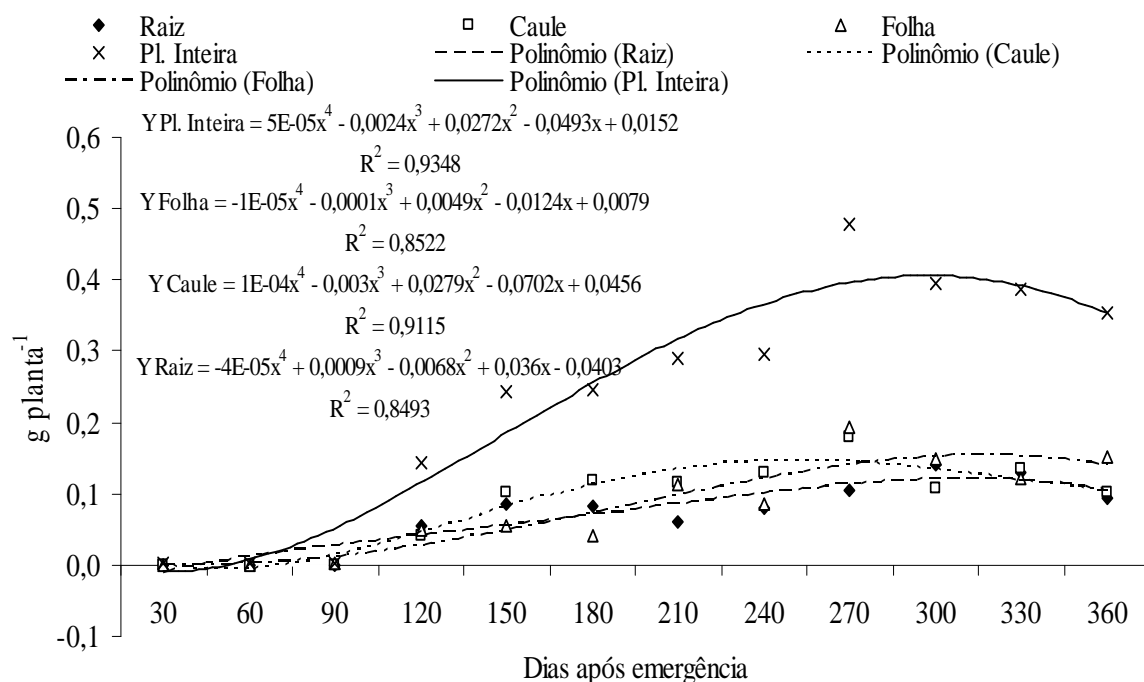
Apêndice D. Absorção de macronutrientes (g planta⁻¹) e micronutrientes (mg planta⁻¹) nas folhas de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido em 12 épocas de amostragem, Goiânia, GO

Época	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
30	0,0039	0,0008	0,0023	0,0028	0,0008	0,0004	0,0059	0,0529	0,0999	0,0676
60	0,0049	0,0007	0,0039	0,0045	0,0014	0,0011	0,0536	0,1016	0,1111	0,0966
90	0,0153	0,0019	0,0086	0,0130	0,0033	0,0020	0,1520	0,2276	0,1276	0,0910
120	0,2350	0,0481	0,1068	0,2442	0,0382	0,0282	1,6099	3,1207	0,4746	0,1021
150	0,3155	0,0543	0,1269	0,5008	0,0584	0,0109	3,0551	3,9983	0,7721	0,1088
180	0,2760	0,0421	0,1196	0,4085	0,0299	0,0309	1,7733	3,1681	0,7535	0,0931
210	0,6865	0,1143	0,3388	1,2705	0,1115	0,0223	0,7802	9,7630	0,6143	0,0973
240	0,4049	0,0857	0,2019	0,4244	0,0344	0,0424	0,3326	4,1521	0,3836	0,0769
270	1,6401	0,1939	0,7558	1,1715	0,1512	0,1171	1,6250	14,4358	1,4109	0,1125
300	0,7676	0,1498	0,4702	0,4610	0,0922	0,0645	0,4610	10,0268	0,4019	0,0909
330	0,9894	0,1214	0,3753	0,5605	0,0244	0,0682	0,6824	8,4077	1,3706	0,0937
360	0,7401	0,1526	0,4890	0,9251	0,1322	0,0529	0,6278	12,6213	0,9277	0,0996
Média	0,5066	0,0805	0,2499	0,4989	0,0565	0,0368	0,9299	5,8396	0,6206	0,0942

Apêndice G. Extrações médias de P nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de P (dag kg ⁻¹)				
30	0,75 F ¹ b ²	0,61 Eb	0,55 Fb	1,91 Ga
60	0,23 Fb	0,24 Eb	0,26 Fb	0,73 Ga
90	0,22 Fb	0,18 Ec	0,29 Fb	0,69 Ga
120	0,81 Eb	0,58 Db	0,63 EFb	2,02 Fa
150	0,63 CDEc	0,73 BCb	0,65 DEFb	2,01 Fa
180	0,63 CDEc	0,71 BCb	0,42 EFd	1,76 Ea
210	0,58 DEc	0,73 BCb	0,51 BCDB	1,82 DEa
240	0,56 CDEb	0,73 Bb	0,75 CDEb	2,04 CDEa
270	0,55 BCc	0,58 Ab	0,51 Ab	1,64 Aa
300	0,61 Ab	0,60 BCb	0,65 ABb	1,86 ABa
330	0,53 ABb	0,55 Bb	0,50 BCDB	1,57 BCa
360	0,32 CDb	0,32 BCb	0,46 ABb	1,09 BCDA
Teste F	51,76**	64,96**	30,22**	82,90**
CV (%)	15,71	14,41	24,18	12,55

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

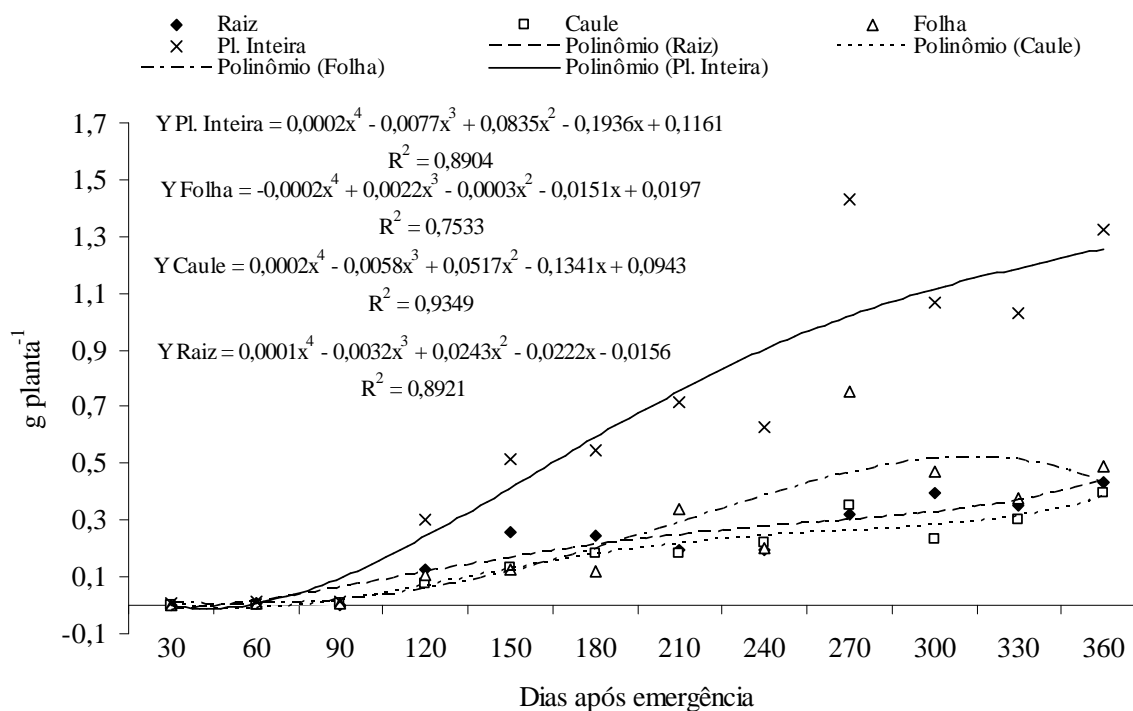


Apêndice H. Acúmulo de P nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice I. Extrações médias de K nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de K (dag kg ⁻¹)				
30	1,48 F ¹ b ²	1,64 Eb	1,68 Fb	4,80 Fa
60	1,50 Fb	1,94 Eb	1,38 Fb	4,82 Fa
90	1,36 Fd	1,30 Ec	1,32 Fb	3,98 Fa
120	1,82 Eb	1,08 Dc	1,40 EFbc	4,30 Ea
150	1,86 CDEb	0,96 BCc	1,52 DEFc	4,34 DEa
180	1,86 CDEb	1,08 BCd	1,20 EFc	4,14 DEa
210	1,80 DEc	1,16 BCc	1,52 BCDB	4,48 Da
240	1,36 CDEb	1,24 Bb	1,76 CDEb	4,36 Da
270	1,66 BCb	1,14 Ac	2,00 Ac	4,80 Aa
300	1,72 Ab	1,30 BCb	2,04 ABb	5,06 BCa
330	1,42 ABb	1,22 Bb	1,54 BCb	4,18 Ca
360	1,46 CDb	1,22 BCb	1,48 ABb	4,16 Aba
Teste F	64,15**	71,46**	40,34**	85,57**
CV (%)	14,89	15,40	24,05	13,99

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

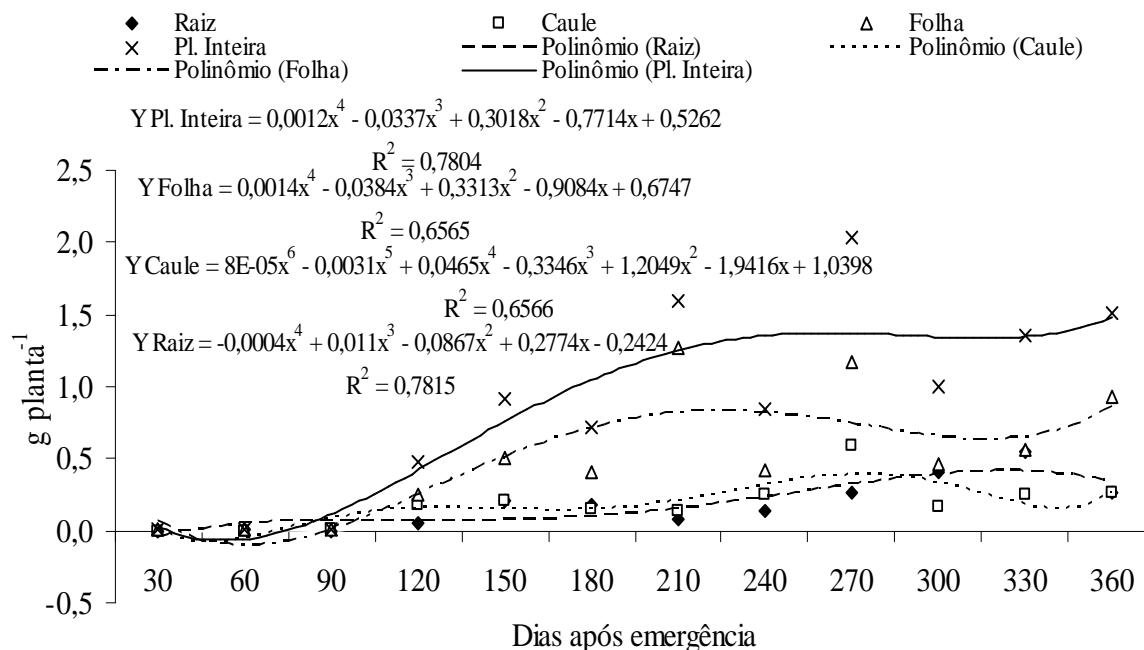


Apêndice J. Acúmulo de K nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice K. Extrações médias de Ca nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de Ca (dag kg ⁻¹)				
30	0,30 F ¹ c ²	0,90 Fbc	2,00 Fab	3,2 Fa
60	0,80 Fb	0,80 Fb	1,60 Fb	3,2 Fa
90	0,50 Fd	0,80 Fc	2,00 Fb	3,3 Fa
120	0,80 EFc	2,50 DEb	3,20 Eb	6,5 Ea
150	1,50 CDc	1,50 CDc	6,00 DEb	9,0 Da
180	1,40 CDc	0,90 Ec	4,10 DEb	6,4 DEa
210	0,70 EFc	0,90 Ec	5,70 Ab	7,3 Ba
240	1,00 DEc	1,40 CDc	3,70 DEb	6,1 DEa
270	1,40 Cd	1,90 Ac	3,10 ABb	6,4 Aa
300	1,80 Bb	0,90 Eb	2,00 DEb	4,7 CDa
330	2,20 Ab	1,00 CDc	2,30 Db	5,5 BCa
360	0,90 Cc	0,80 Cc	2,80 BCb	4,5 Ba
Teste F	88,55**	113,18**	56,68**	81,53**
CV (%)	16,53	13,39	18,53	13,73

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

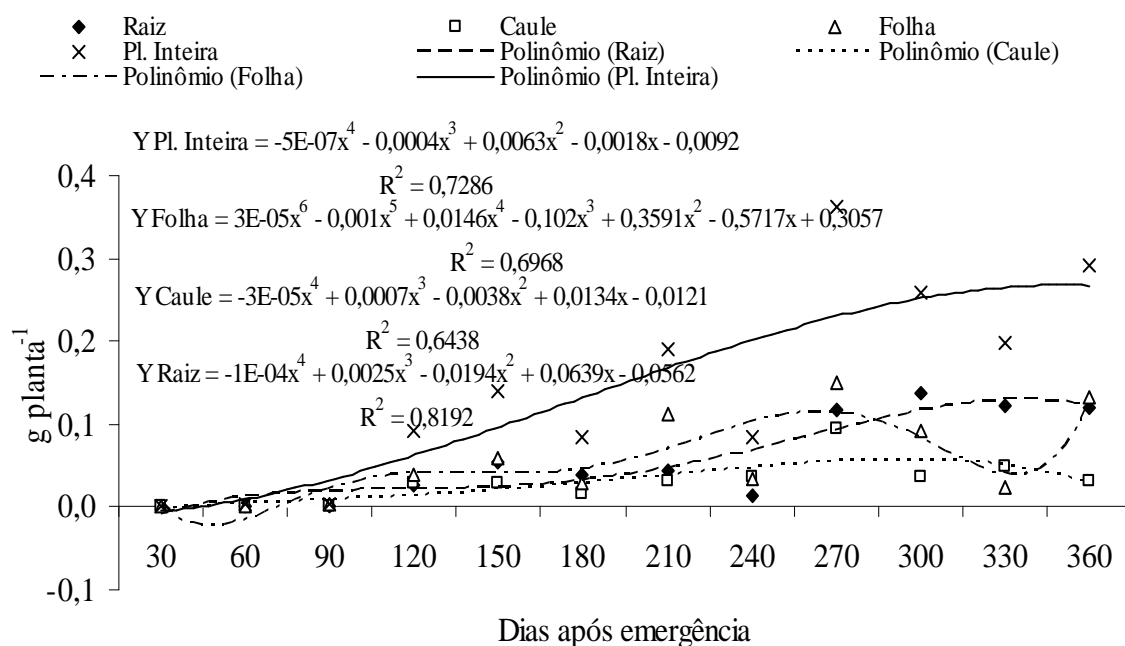


Apêndice L. Acúmulo de Ca nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice M. Extrações médias de Mg nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de Mg (dag kg ⁻¹)				
30	0,20 D ¹ b ²	0,60 Eb	0,60 Eab	1,4 Fa
60	0,30 Db	0,20 Eb	0,50 Eb	1,0 Fa
90	0,50 Dd	0,30 Ec	0,50 Eb	1,3 Fa
120	0,40 BCDB	0,40 CDb	0,50 DEB	1,3 Ea
150	0,40 Bb	0,20 CDc	0,70 CDb	1,3 Dea
180	0,30 BCb	0,10 Dc	0,30 DEB	0,7 Ea
210	0,40 BCc	0,20 Cc	0,50 ABb	1,1 Da
240	0,10 CDc	0,20 BCb	0,30 DEc	0,6 Ea
270	0,60 Ac	0,30 Ac	0,40 Ab	1,3 Aa
300	0,60 Ab	0,20 BCc	0,40 BCbc	1,2 Bca
330	0,50 Ab	0,20 Bc	0,10 DEd	0,8 CDa
360	0,40 Ac	0,10 Cc	0,40 ABb	0,9 Ba
Teste F	81,69**	85,56**	41,3**	78,7**
CV (%)	16,82	15,49	23,45	15,28

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

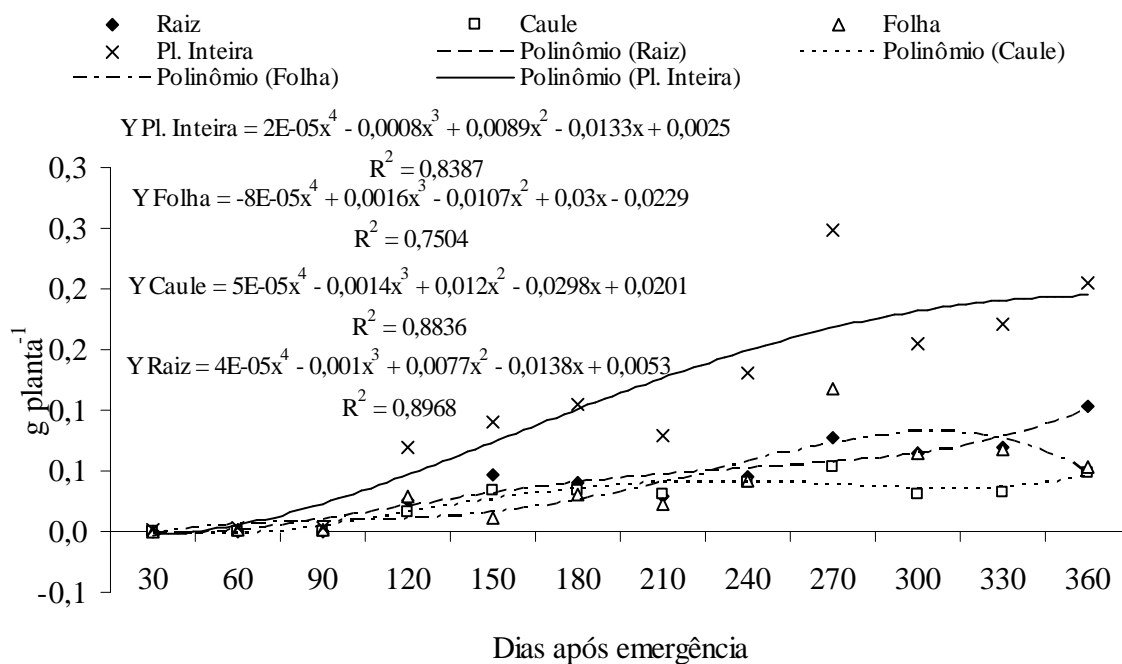


Apêndice N. Acúmulo de Mg nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice O. Extrações médias de S nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de S (dag kg ⁻¹)				
30	0,38 Fb	0,29 Eb	0,29 Gb	0,96 Fb
60	0,20 Fb	0,40 Eb	0,40 Gb	1,00 Fa
90	0,35 Fd	0,20 Ec	0,31 Gb	0,86 Fa
120	0,37 Ebc	0,23 Dc	0,37 DEFb	0,97 Ea
150	0,34 CDb	0,24 Cc	0,13 FGd	0,71 DEa
180	0,31 DEb	0,20 Cb	0,31 DEFb	0,82 DEa
210	0,27 DEb	0,19 Cb	0,10 EFGb	0,56 Ea
240	0,31 Db	0,23 BCb	0,37 CDEb	0,91 CDa
270	0,40 Bc	0,17 Ad	0,31 Ab	0,88 Aa
300	0,28 BCb	0,17 Cb	0,28 BCb	0,73 Ca
330	0,28 Bb	0,13 Cc	0,28 BCb	0,69 CDa
360	0,35 Ab	0,15 ABc	0,16 CDc	0,66 ABa
Teste F	87,99**	70,97**	49,28**	101,42**
CV (%)	13,75	13,75	21,79	12,59

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

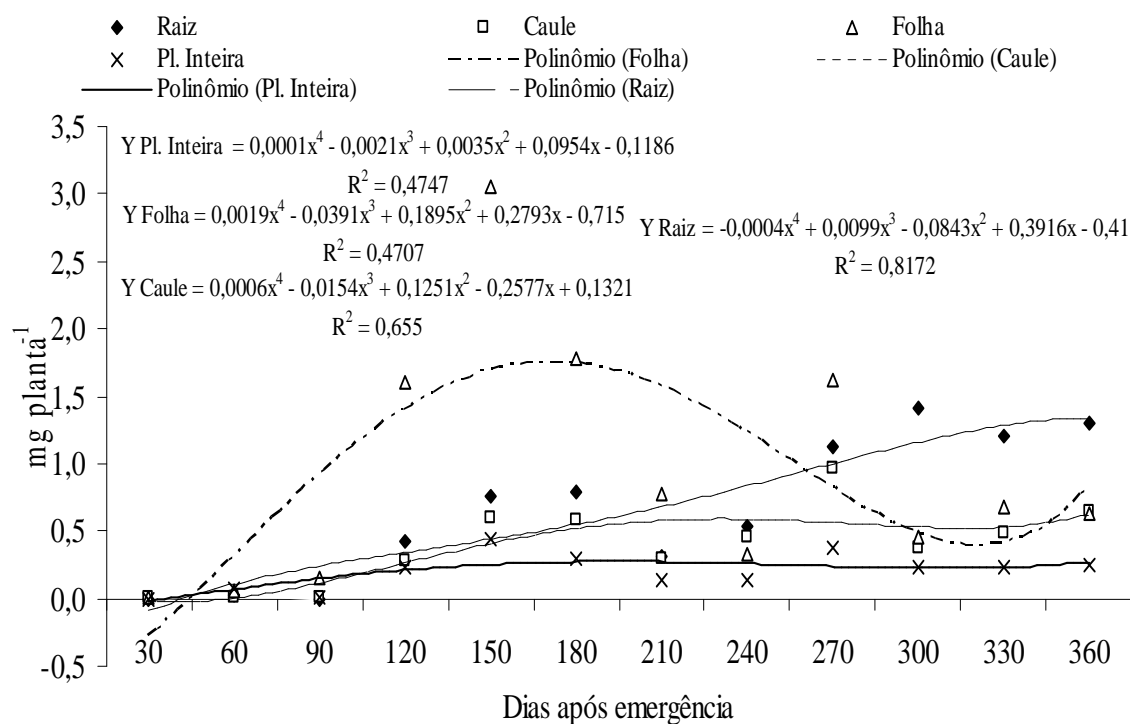


Apêndice P. Acúmulo de S nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice Q. Extrações médias de Cu nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de Cu (mg kg ⁻¹)				
30	26 E ¹ b ²	28 Hb	43 Fab	97 Fa
60	55 Ebc	25 Hc	192 EFab	272 Fa
90	23 Eb	41 Hb	233 EFa	297 Fa
120	62 Dc	40 Gc	211 Bb	313 Da
150	55 Cc	43 BCDC	366 Ab	464 Aa
180	60 Cc	34 BCDC	178 Bb	272 CBa
210	30 DEc	19 FGc	35 Cb	84 Ea
240	37 CDc	26 DEFbc	29 DEFc	92 Ea
270	58 Bc	31 Ac	43 Bb	132 Ba
300	62 ABb	21 EFGc	20 CDEc	103 Da
330	49 Bb	20 CDEd	28 CDc	97 Da
360	44 ABb	20 BCc	19 CDc	83 CDa
Teste F	77,11**	88,62**	108,29**	113,1**
CV (%)	15,12	12,97	16,53	11,06

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

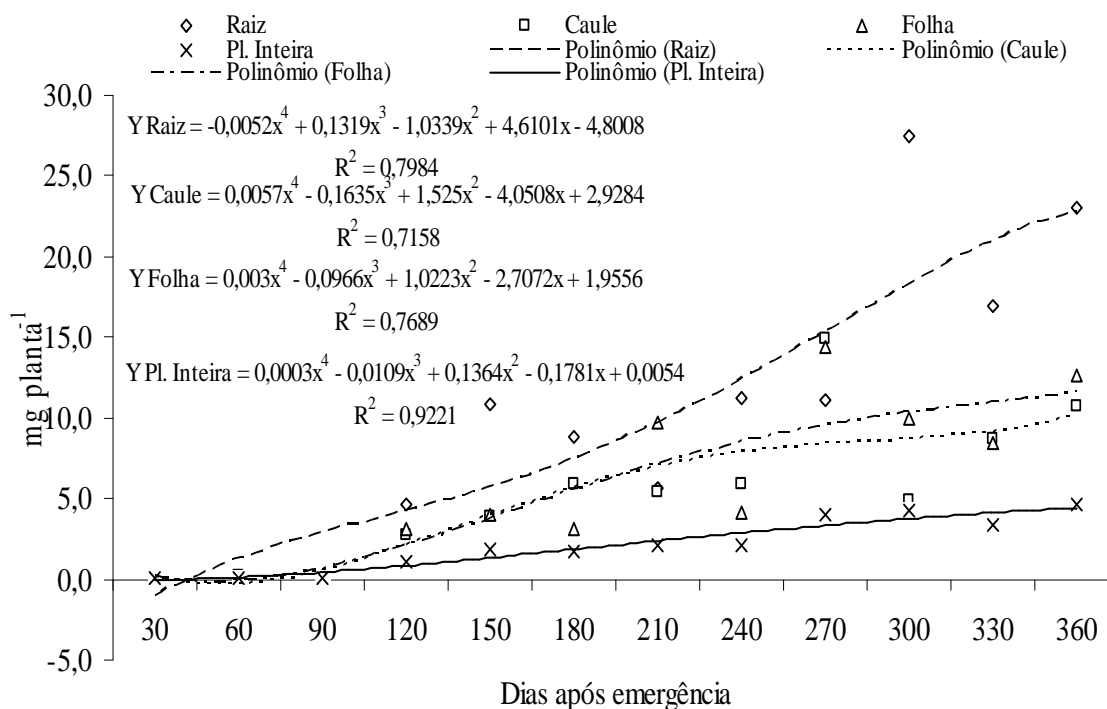


Apêndice R. Acúmulo de Cu nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice S. Extrações médias de Fe nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de Fe (mg kg^{-1})				
30	911 F ¹ b ²	384 Eb	384 Eb	1679 Fa
60	403 Fb	909 Eb	364 Eb	1676 EFa
90	690 Fd	318 Ec	349 Eb	1357 Fa
120	676 Fb	392 Dc	409 Ec	1477 DEa
150	792 CDb	279 CDc	479 Ec	1550 Cda
180	667 DEb	347 Cc	318 Ed	1332 CDa
210	532 DEFc	342 Cc	438 BCb	1312 Ca
240	778 CDb	333 Cc	362 DEc	1473 Ca
270	573 CDc	478 Ab	382 Ab	1433 ABa
300	1203 Ab	275 CDb	435 BCc	1913 ABa
330	685 BCb	353 Bc	345 CDc	1383 Ba
360	778 Ab	334 Bc	382 ABCc	1494 Aa
Teste F	60,56**	109,44**	39,32**	85,16**
CV (%)	18,68	13,69	22,72	14,37

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

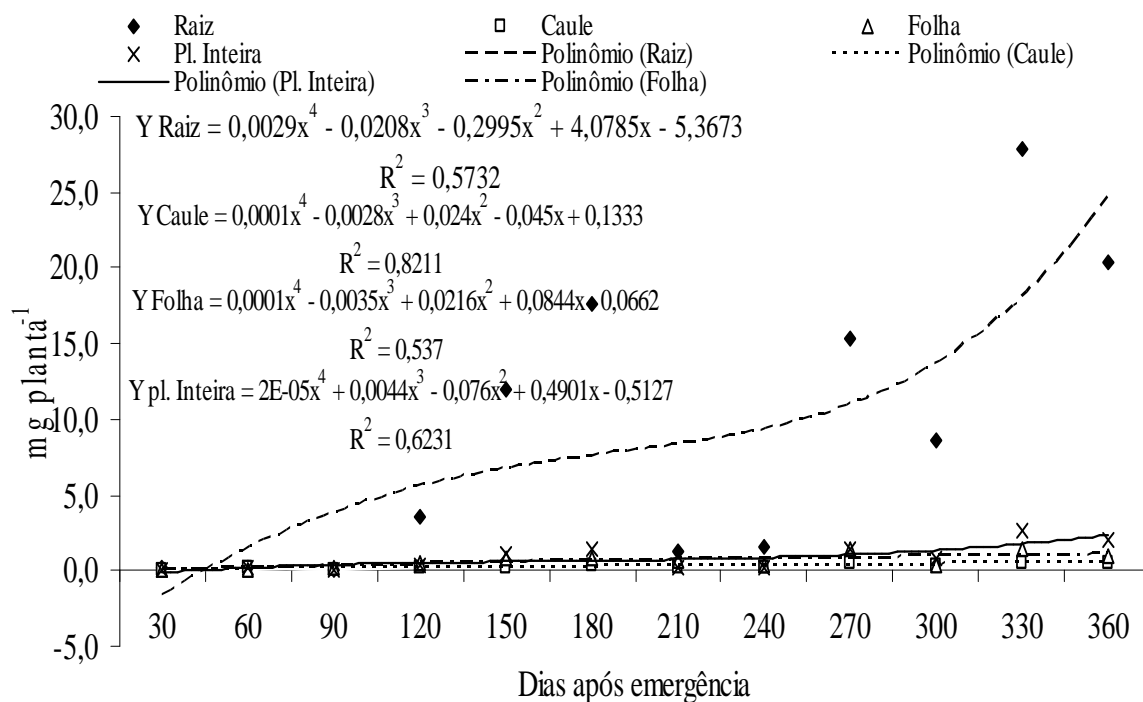


Apêndice T. Acúmulo de Fe nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice U. Extrações médias de Mn nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de Mn (mg kg ⁻¹)				
30	110 E ¹ b ²	55 Db	49 Eb	214 Fa
60	56 Eb	73 Db	52 Eb	181 Fa
90	55 Ed	24 Dc	57 Eb	136 Fa
120	781 Ea	47 Cb	94 DEb	922 Fa
150	1893 Da	40 BCb	166 CDb	2099 DEa
180	2835 Ca	38 Bb	149 Cb	3022 Ca
210	240 Eb	34 BCd	60 CDc	334 Fa
240	207 Eb	32 BCc	57 Dec	296 Fa
270	1835 Cb	40 Ad	100 Ac	1975 Ca
300	1032 Da	40 Bb	54 CDb	1126 Ea
330	2658 Ab	53 Ac	131 Abc	2842 Aa
360	1575 Ba	41 Ab	59 Cb	1675 Ba
Teste F	167,85**	77,82**	71,69**	206,79**
CV (%)	18,68	14,85	17,45	11,78

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.

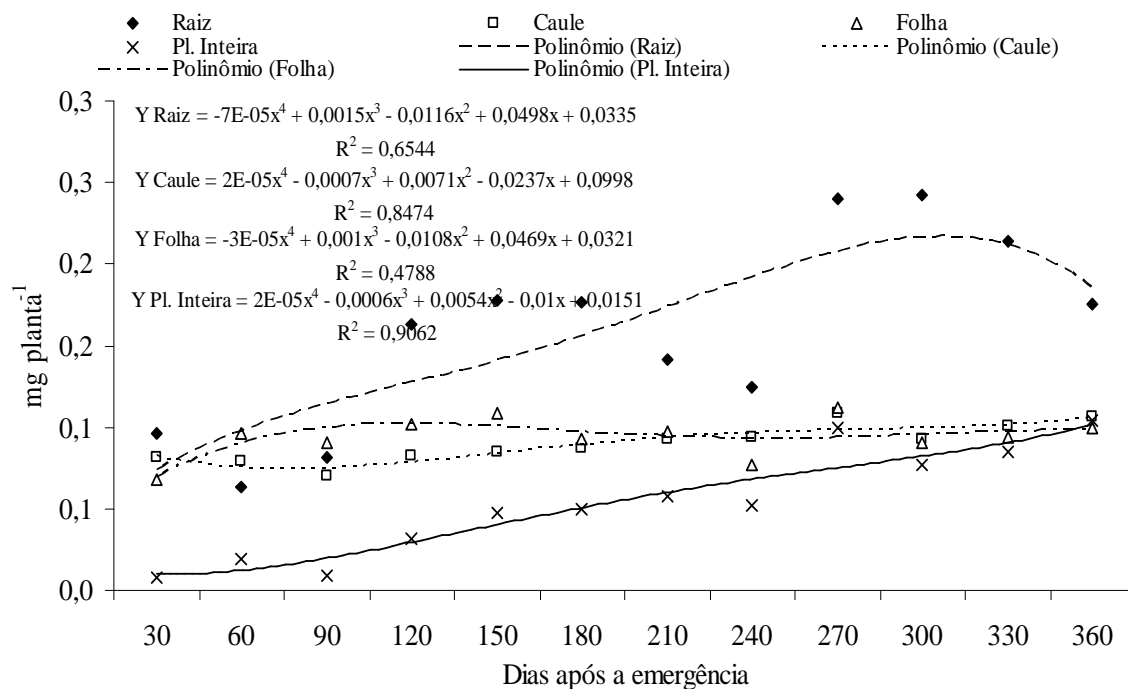


Apêndice V. Acúmulo de Mn nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.

Apêndice W. Extrações médias de Zn nas diferentes partes da muda cítrica, em função das épocas de coleta.

Épocas de coleta	Raiz	Caule	Folha	Planta inteira
Extração de Zn (mg kg ⁻¹)				
30	32,0 D ¹ b ²	27,1 Eb	22,5 Fb	81,6 Da
60	20,9 Db	26,3 Eb	32,1 EFb	79,3 Da
90	27,0 Dd	23,1 Ec	30,1 EFb	80,2 Da
120	51,9 CDb	25,1 DEc	31,5 DEFc	108,5 Ca
150	54,8 Bb	23,5 Dc	33,5 CDc	111,8 Ba
180	54,4 BCb	23,4 Cc	27,7 CDc	105,5 Ba
210	43,7 BCbc	25,5 Cc	25,0 Bb	94,2 Ba
240	36,9 BCb	25,2 BCb	21,8 Deb	83,9 Bca
270	73,4 Ab	25,9 Ac	24,9 Ac	124,2 Aa
300	73,2 Ab	25,0 BCc	22,6 BCc	120,8 Aa
330	63,0 Ab	25,3 Bc	23,1 Bc	111,4 Aa
360	48,5 Aa	24,9 Ac	22,2 ABc	95,6 Aa
Teste F	74,08**	75,90**	38,53**	108,28**
CV (%)	16,01	14,72	21,38	12,4

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade. ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey em 5 % de probabilidade.



Apêndice X. Acúmulo de Zn nas diferentes partes da muda cítrica em função das 12 épocas de coleta.