

NÍVEIS DE CÁLCIO E BORO E SUAS  
INTERAÇÕES, AFETANDO O  
DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA  
RADICULAR, A COMPOSIÇÃO MINERAL  
E O VIGOR DO LIMOEIRO CRAVO  
[*Citrus limonia* (L.) OSBECK], EM  
CONDIÇÕES CONTROLADAS.

HÉLIO GRASSI FILHO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A  
Estado de São Paulo - Brasil  
Setembro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da  
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Grassi Filho, Hélio

G769n Níveis de cálcio e boro e suas interações, afetando o desenvolvimento do sistema radicular, a composição mineral e o vigor do limoeiro cravo (Citrus limonia (L.) Osbeck), em condições controladas. Piracicaba, 1991. 92p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Boro em limão cravo - Efeito 2. Cálcio em limão cravo - Efeito 3. Limão cravo - Porta-enxerto 4. Limão cravo - Nutrição 5. Limão cravo - Raiz - Desenvolvimento  
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 634.334

NÍVEIS DE CÁLCIO E BORO E SUAS  
INTERAÇÕES, AFETANDO O  
DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA  
RADICULAR, A COMPOSIÇÃO MINERAL  
E O VIGOR DO LIMOEIRO CRAVO  
[*Citrus limonia* (L.) OSBECK], EM  
CONDIÇÕES CONTROLADAS.

HÉLIO GRASSI FILHO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof.Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de  
Queiroz", da Universidade de São  
Paulo, para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia, Área de  
Concentração: Solos e Nutrição de  
Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Setembro - 1991

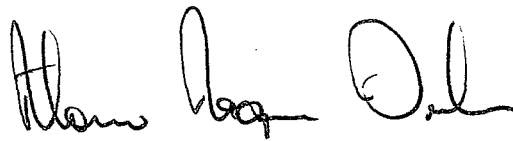
NÍVEIS DE CÁLCIO E BORO E SUAS  
INTERAÇÕES, AFETANDO O  
DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA  
RADICULAR, A COMPOSIÇÃO MINERAL  
E O VIGOR DO LIMOEIRO CRAVO  
[*Citrus limonia* (L.) OSBECK], EM  
CONDIÇÕES CONTROLADAS.

HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovada em: 10.09.1991

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Antônio Roque Dechen	- ESALQ/USP
Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello	- ESALQ/USP
Prof. Dr. Leonardo Theodoro Bull	- FCA/UNESP



Prof. Dr. Antônio Roque Dechen

- orientador -

**"ESTAS PLANTINHAS SÃO MUDAS?**

**- PELO QUE ME DISSERAM, NÃO.**

**- E O QUE FOI QUE ELAS DISSERAM?"**

**"Botânica ao pé da letra"**

**in: A letra descalça, 1985**

**Rubens Rodrigues Torres Filho**

**A meus pais com  
reconhecimento  
e gratidão**

**A G R A D E C I M E N T O S**

Ao Prof.Dr. Antônio Roque Dechen pela amizade e dedicação na orientação do trabalho;

À Profa.Dra. Leonia Aparecida de Lima e ao Prof.Dr. Júlio Nakagawa pela amizade e dedicação na condução do trabalho;

Ao Departamento de Ciências do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP-Campus de Botucatu, pelo apoio e facilidades oferecidas;

Ao Curso de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, Piracicaba, pela oportunidade, em especial ao Prof.Dr. Geraldo Victorino de França;

Ao Sr. José Carlos de Pieri pelo auxílio na condução do ensaio na casa de vegetação;

À Srta. Antônio de Fátima Heliodoro pelo auxílio nas medições de comprimento de raiz;

Ao Sr. Benedito Heliodoro pelo auxílio nas análises químicas de tecido vegetal;

À Srta. Eliana M.G. Sabino, bibliotecária da ESALQ-USP, pela revisão das referências bibliográficas.

Ao Sr. José Garcia Honório Pires pela digitação deste trabalho;

Aos funcionários do CINAG e ao Sr. Roberto Carvalho Prado pela realização das análises estatísticas;

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	pág.
RESUMO .....	VIII
SUMMARY .....	XI
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1. Estudo de porta-enxerto .....	5
2.2. Estudo do sistema radicular.....	12
2.2.1. Métodos de estudo do sistema radicu- lar.....	13
2.2.2. Peso das raízes .....	14
2.3. Estudo do sistema radicular de plantas cítri- cas.....	14
2.4. Acúmulo de nutrientes .....	20
2.5. Cálcio nas plantas .....	21
2.6. Boro nas plantas .....	23
2.7. Ação do cálcio na absorção de cátions e ânions .....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	27
3.1. Local .....	27
3.2. Condução do Ensaio .....	27
3.2.1. Material básico .....	30
3.2.2. Obtenção de mudas .....	30
3.2.3. Solução nutritiva .....	32
3.3. Delineamento experimental e análise estatís-	



tica .....	32
3.3.1. Tratamentos .....	33
3.3.2. Parâmetros avaliados .....	33
3.3.2.1. Comprimento de raiz(m) .....	33
3.3.2.2. Diâmetro do caule(mm) .....	34
3.3.2.3. Área foliar e número de fo- lhas .....	34
3.3.2.4. Peso de matéria seca .....	36
3.3.2.5. Teores de nutrientes .....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1. Raízes .....	38
4.1.1. Peso de matéria seca e comprimento das raízes .....	38
4.1.2. Concentração e acúmulo de nutrientes pelas raízes.....	42
4.2. Caules .....	51
4.2.1. Peso de matéria seca e diâmetro dos caules.....	51
4.2.2. Concentração e acúmulo de nutrientes nos caules. ....	52
4.3. Folhas .....	64
4.3.1. Peso de matéria seca, área foliar e número de folhas .....	64
4.3.2. Concentração e acúmulo de nutrientes pelas folhas .....	64
5. CONCLUSÕES .....	77
6. BIBLIOGRAFIA .....	78

NÍVEIS DE CÁLCIO E BORO E SUAS INTERAÇÕES, AFETANDO O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICULAR, A COMPOSIÇÃO MINERAL E O VIGOR DO LIMOEIRO CRAVO [*Citrus limonia* (L.) OSBECK], EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.

Autor: HÉLIO GRASSI FILHO

Orientador: ANTONIO ROQUE DECHEN

#### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo, estudar o efeito de níveis de cálcio, de boro e da interação Ca x B no desenvolvimento do sistema radicular, na composição mineral e no vigor do limoeiro cravo, (*Citrus limonia* L. OSBECK), cultivado em casa de vegetação.

Para a realização deste estudo utilizou-se mudas provenientes de um viveiro existente na Fazenda Experimental Lageado, as quais foram cultivadas em soluções nutritivas, com várias concentrações de cálcio

(50, 100, 200 e 400 ppm) e de boro (0,0625, 0,125, 0,25 e 0,5ppm) em vasos com 3,0 l de capacidade, sendo o experimento instalado na casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP, Campus de Botucatu. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 16 tratamentos em esquema fatorial e 4 repetições.

A parte experimental teve a duração de cinco meses, quando então coletou-se e analisou-se os seguintes parâmetros: o peso de matéria seca das raízes, caules e folhas, o comprimento de raízes, o diâmetro de caule, a área foliar, o número de folhas e a análise química do material vegetal, tendo sido determinados os nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro.

A dose de boro 0,5 ppm na solução, promoveu o maior comprimento de raízes; o boro mostrou ação antagônica em relação aos nutrientes P, S, K e Ca no caule e K e Ca na folha.

A dose de cálcio 200 ppm na solução promoveu o maior peso de matéria seca de raízes, caules e folhas, aumentos no comprimento de raiz, diâmetro de caule, área foliar e número de folhas. O cálcio promoveu acúmulo de todos os nutrientes nas raízes, caules e folhas, mostrando ação antagônica com os nutrientes N, P e S nas raízes; N, P, Mg e B nos caules e N, P e B nas folhas e mostrou ação sinérgica com os nutrientes B nas

raízes, K nos caules e K e Mg nas folhas, não alterando a concentração para K e Mg nas raízes e de S no caule e nas folhas.

Não houve efeito da interação Ca x B sobre nenhum dos parâmetros avaliados.

Em ordem decrescente os resultados médios de concentração e acúmulo médios de nutrientes foram:

- Raízes: N(1,24% - 19,28mg), Ca(0,42% - 7,50mg), K(0,40% - 6,54mg), P(0,11% - 1,65mg), S(0,08% - 1,22mg), Mg(0,04% - 0,66mg) e B(20,67ppm - 34,16ug);
- Caule: N(1,67% - 93,41mg), K(0,91% - 57,32mg), Ca(0,60% - 39,58mg), P(0,21% - 11,40mg), S(0,12% - 6,71mg), Mg(0,10% - 5,57mg) e B(20,01ppm - 109,57ug);
- Folhas: N(3,01% - 156,30mg), K(2,67% - 145,44mg), Ca(0,97% - 61,93mg), S(0,29% - 15,14mg), P(0,20% - 10,01mg), Mg(0,13% - 7,05mg) e B(55,51ppm - 279,35ug).

CALCIUM AND BORON LEVELS AND ITS INTERACTION AFFECTING THE DEVELOPMENT OF ROOT SYSTEM, THE MINERAL COMPOSITION AND THE VIGOR OF RANGPUR LIME TREE [*Citrus limonia* (L.) OSBECK], UNDER CONTROLLED CONDITIONS.

Author: HÉLIO GRASSI FILHO

Adviser: DR. ANTONIO ROQUE DECHEN

### SUMMARY

The purpose of this work was to study the effect of calcium and boron levels and of the interaction Ca x B on the development of the root system, on the mineral composition and on the vigor of the rangpur lime tree (*Citrus limonia* L. Osbeck) cultivated in greenhouse.

Seedlings from a nursey of the Lageado Experimental Farm, were used. They were grown in 31 pots with nutritive solutions having calcium concentrations of 50; 100; 200 and 400ppm and boron of 0,0625; 0,125; 0,25

and 0,5ppm. The experiment was installed in a greenhouse of the Soil Science Department, College of Agronomy, Campus of Botucatu-UNESP, State of São Paulo.

The experimental design was in a randomized blocks with 16 treatments assigned in a factorial test.

The interpretation of the study was done after 5-months of the plants development, when the following parameters was analised: dry matter weight of roots, trunks and leaves, root length, trunk diameter, foliar area, number of leaves and plant chemical analysis, for the determination of the nutrients nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulphur and boron.

The 0,5ppm boron dose in the solution led to the longest length of the roots; boron showed antagonism with the nutrients P, S, K and Ca in the trunk, and with K and Ca in the leaves.

The 200ppm calcium dose in the solution promoted the highest increase in dry matter weight of roots, trunks and leaves, as well as in root length, trunk diameter, foliar area, and number of leaves. Calcium promoted the accumulation of all nutrients in the roots, trunks and leaves, and expressed antagonism for the nutrients N, P and S in the roots; N, P, Mg and B in the trunks and N, P and B in the leaves; it also showed synergism for the nutrients B in the roots, K in the trunks and, K and Mg in the leaves; it didn't alter the concentration for K and Mg in the roots and S in the trunks and leaves.

There wasn't any effect of the interaction Ca x B for any of those evaluated parameters.

The average results of concentration and nutrients accumulation observed are presented in decreasing order as follows:

- Roots: N(1.24% - 19.28mg), Ca(0.42% - 7.50mg), K(0.40% - 6.54mg), P(0.11% - 1.65mg), S(0.08% - 1.22mg), Mg(0.04% - 0.66mg) and B(20.67ppm - 34.16ug);
- Trunks: N(1.67% - 93.41mg), K(0.91% - 57.32mg), Ca(0.60% - 39.58mg), P(0.21% - 11.40mg), S(0.12% - 6.71mg), Mg(0.10% - 5.57mg) and B(20.02ppm - 109.57ug);
- Leaves: N(3.01% - 156.30mg), K(2.67% - 145.44mg), Ca(0.97% - 61.93mg), S(0.29% - 15.14mg), P(0.20% - 10.01mg), Mg(0.13% - 7.05mg) and B(55.51ppm - 279.35ug).

## I- INTRODUÇÃO

O Brasil é hoje um dos maiores produtor e exportador de suco cítrico do mundo. AMARO (1987) avaliou que a produção brasileira em 1985, atingiu cerca de 267 milhões de caixas (250 frutos = 40,8 kg), em uma área estimada em 664 mil hectares. Desse total, o Estado de São Paulo foi responsável por 81% da produção (218 milhões de caixas de laranja, sem incluir tangerinas e limões) e por 76% da área (108 milhões de pés adultos).

Por outro lado, a agroindústria de suco cítrico também apresentou notável desenvolvimento a partir da década de 70, e hoje mais de dois terços da produção é industrializada e exportada na forma de suco concentrado congelado, chegando a movimentar divisas que atingiram a 2,0 bilhões de dólares em 1990. (Salibe, 990)\*.

\* SALIBE, A.A. Informação pessoal.



Inúmeras pesquisas tem demonstrado que, quando diferentes espécies vegetais ou até mesmo variedades e cultivares de mesma espécie são cultivadas em um mesmo substrato, e sob condições de cultivo idênticas, elas apresentam variações em seu conteúdo de nutrientes minerais. No caso de plantas cítricas é necessário conhecer-se as exigências minerais ou comportamento nutricional das variedades utilizadas como enxerto e porta-enxerto e que formam a árvore composta.

Desta forma, várias características apresentadas pela copa, podem ser modificadas pelo porta-enxerto, tais como vigor, precocidade de produção, produtividade, época de maturação, qualidade pós-colheita dos frutos, fertilidade do pólen, composição orgânica e inorgânica das folhas e frutos, capacidade de absorção, síntese de compostos orgânicos e utilização de nutrientes, tolerância à salinidade, resistência à seca, geada, pragas e doenças e resposta à aplicação de produtos de abscisão.

Dentre as influências que a copa exerce sobre o porta-enxerto, as mais evidentes, são quanto ao desenvolvimento do sistema radicular, resistência ao frio, seca e molestias. (SALIBE, 1978; POMPEU JUNIOR, 1980; GALLO et alii, 1960; CHAPMAN & BROWN, 1950; SHANON & ZAPHRIR, 1958; LIMA, 1973 e LIMA et alii 1980).

Essas variações podem em parte ser explicadas, pelas diferenças apresentadas pelo sistema radicular das variedades utilizadas como porta-enxerto, ou

seja, variedades que apresentam melhor desenvolvimento no sistema radicular que outras, e podem absorver maiores quantidades de nutrientes e também apresentar exigências diferentes de um ou mais nutrientes. Outra explicação para o fato, é a do controle genético, que influencia a taxa de absorção e de utilização de determinados nutrientes.

Foucas são as pesquisas sobre o comportamento do sistema radicular em relação à nutrição mineral das plantas, e com relação às plantas cítricas, elas são raras ou praticamente inexistentes.

Atualmente os resultados das pesquisas, têm mostrado tendências que indicam que o problema do declínio das plantas cítricas está estreitamente ligado à desordens nutricionais, e que há variações na incidência de declínio em função da variedade porta-enxerto. (WUTSCHER,1984).

Essas informações, vêm reforçar a necessidade de estudos básicos (em condições controladas), sobre a influência da nutrição mineral de diferentes variedades porta-enxerto, ou seja sobre o desenvolvimento do sistema radicular, absorção de nutrientes, relação nutricional, translocação e vigor da planta.

Sabe-se que para obter uma planta vigorosa é fundamental a escolha de um porta-enxerto adequado e que um dos aspectos importantes é o conhecimento do desenvolvimento (ou comportamento) da variedade porta-enxerto, em relação ao suprimento de nutrientes.

O presente trabalho teve por objetivo, estudar o efeito de níveis de cálcio, e de boro e de suas interações sobre o desenvolvimento do sistema radicular, composição mineral, e vigor do limoeiro cravo, cultivado em solução nutritiva em casa de vegetação. A escolha desses nutrientes deve-se à grande importância deles no desenvolvimento do sistema radicular, e por não se ter dados sobre este aspecto, para as plantas cítricas.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Estudo de Porta-Enxerto

Já está comprovada a influência da variedade porta-enxerto na composição mineral das folhas da variedade copa em citros. Dos diversos experimentos já realizados, várias teorias surgiram para explicar o fenômeno, que vão desde a distribuição do sistema radicular da planta porta-enxerto, até a seletividade e a capacidade de troca de cátions das raízes do mesmo, influenciando assim, na maior ou menor absorção de nutrientes. (MOURÃO F., 1989).

MOREIRA (1941) destaca a importância do desenvolvimento no estudo de porta-enxertos, e relata a instalação de um ensaio, com doze diferentes porta-enxertos de laranjeira baianinha e pera e pomeleiro "Marsh-seedless", sobressaindo-se, pelo crescimento mais rápido a limeira da pérsia, limoeiro rugoso e limoeiro cravo.

MOREIRA et alii (1962) realizaram dois ensaios com porta-enxertos para limoeiro eureka, em diferentes regiões do Estado de São Paulo. Dos resultados de uma série de medidas biométricas, os autores recomendaram laranjeira doce e limoeiro cravo como porta-enxerto para essa variedade de limoeiro.

SALIBE & MOREIRA (1968), avaliaram em São Paulo o comportamento da laranjeira barão, sobre 77 diferentes porta-enxertos, em presença do vírus da tristeza. Os resultados mostraram que limoeiro cravo, tangerineira Sunki e citrangeira Morton proporcionaram as maiores produções de laranjeira barão. Os autores constataram ainda, que estes três porta-enxertos mais produtivos, foram exatamente aqueles que proporcionaram maior resistência à seca.

POMPEU JUNIOR (1972) avaliou em Limeira-SP, oito clones de laranjeira Hamlin sobre dois porta-enxertos (limoeiro cravo e laranjeira caipira). O autor constatou que as plantas de laranjeira Hamlin apresentaram em média, maior produção, menor volume de copa e maior produção por metro cúbico de copa, quando enxertadas sobre limoeiro cravo. Resultados semelhantes foram obtidos por RECK & PORTO (1983), no Rio Grande do Sul, onde avaliaram doze porta-enxertos de laranja Hamlin. Os resultados revelaram, que as maiores produções foram obtidas nas plantas sobre Limoeiro cravo. SALIBE & MOREIRA (1984) relataram os resultados de diversos experimentos de porta-

enxertos para citros, evidenciando a superioridade do limoeiro cravo.

De acordo com TEÓFILO SOBRINHO (1972), a planta de limoeiro cravo é de porte médio e bastante produtiva. Apresenta oito a dez ramos principais, ramificações em ângulos de aproximadamente 80° e espinhos curtos. A folha é de tamanho médio com pecíolo não alado e margens levemente serreadas; a superfície do limbo é ondulada, de cor verde claro e a cor do broto é bronzeada. Segundo MONTENEGRO (1960), 70% de seu sistema radicular está situado nos primeiros 30 cm do solo. O fruto é de tamanho médio, com peso ao redor de 80 a 90 gramas, a casca é meia solta, de coloração laranja intensa e suco ácido. A maturação ocorre de abril a maio. As sementes são pequenas, em número de dez a quinze por fruto e doze a quinze mil por quilo, poliembrônicas, com cotilédones esverdeados e que conservam relativamente bem seu poder germinativo.

Como já se afirmou, esta variedade porta-enxerto é hoje, a mais utilizada na citricultura paulista, estando presente em mais de 90% dos pomares comerciais. Também, de acordo com SALIBE (1974), o limoeiro cravo é utilizado como porta-enxerto na Índia, Argentina, Estados Unidos (Texas) e alguns países da África. Este fato não se deu por acaso, mas sim devido à uma série de fatores que levaram os viveiristas e citricultores a optarem pelo limoeiro cravo. A plântula apresenta grande vigor e

excelente desenvolvimento no viveiro. As plantas enxertadas sobre este porta-enxerto, apresentaram ainda precocidade de produção, produção de frutos com boa qualidade e são muito resistentes à seca.

CHAPMAN & BROWN (1950), realizaram um estudo detalhado na Califórnia, com o objetivo de determinar o melhor procedimento para realização da análise foliar em laranjeira com referência a potássio. Diversos parâmetros foram investigados, entre eles, os autores constataram uma influência significativa da combinação copa-cavalo no teor de potássio.

COOPER et alii (1952), verificaram no Texas, a influência da variedade porta-enxerto e da concentração de sais e de boro no substrato, sobre a composição mineral de folhas de laranjeira valência e de pomeleiro "Shary Red". Os autores constataram que as plantas sobre tangerineira Cleopatra apresentaram as maiores concentrações de cálcio, magnésio e boro; e menores de potássio e cloro, quando comparadas com as plantas sobre laranjeira azeda. COOPER et alii (1958) estudaram o comportamento do pomeleiro "Webb Red Blush" enxertado em laranjeira azeda e tangerineira Cleopatra, em casa de vegetação, e verificaram que o porta-enxerto exerce uma grande influência sobre o acúmulo de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloro, enxofre e boro nas folhas da copa.

Através da análise foliar GALLO et alii (1960) estudaram os efeitos da combinação copa/porta-enxerto sobre a composição mineral das folhas de duas variedades copas enxertadas em cinco diferentes porta-enxertos (laranjeiras pera e caipira, tangerineira Cleopatra e limoeiros cravo e rugoso nacional). Os autores amostraram folhas do ciclo da primavera, de ramos frutíferos, as quais foram analisadas para os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio; e observaram que o porta-enxerto exerceu influência na composição mineral das folhas, variável segundo a espécie e obtiveram diferenças significativas nos teores de potássio, cálcio e magnésio nas folhas das duas variedades copas.

WALLIHAN & GARBER (1968), relataram os resultados de experimentos desenvolvidos na Califórnia envolvendo plantas jovens de laranjeira doce e laranjeira azeda, de pé franco e enxertados entre si, sobre substratos contendo diferentes concentrações de carbonato de cálcio, e onde analisou-se a absorção diferencial de ferro pelas plantas. Pela análise foliar das plantas, os autores constataram que o teor de ferro nas plantas dependem pelo menos de três fatores. 1) Da quantidade de ferro absorvida, que varia de acordo com o tamanho do sistema radicular; 2) Da "eficiência" do sistema radicular expressa em ug Fe nas folhas/g de raízes, que é sensivelmente diminuída pela presença de  $\text{CaCO}_3$ .



particularmente em plantas enxertadas sobre laranjeira doce. 3) Da relação sistema radicular/copa, a qual aumenta com a sucção de água e é reduzida em presença de  $\text{CaCO}_3$ , essa relação mostrou-se maior nas plantas sobre laranjeira doce, do que nas sobre laranjeira azeda.

LIMA et alii (1960) estudaram a influência da combinação copa/porta enxerto sobre os teores de enxofre e boro em folhas de ramos frutíferos de cinco variedades copas, enxertadas em cinco porta-enxertos. Foram encontradas diferenças significativas nos teores desses elementos, atribuídos tanto à influência do porta-enxerto como da variedade copa; salientando que o "Trifoliata" e o limoeiro rugoso da Flórida induziram as maiores concentrações de boro e o limoeiro cravo as menores. A laranjeira caipira induziu as maiores concentrações de enxôfre.

WUTSCHER (1982) estudou a influência de três porta-enxertos (limoeiro rugoso, citrangeira canzo e laranjeira azeda) sobre os níveis de nutrientes em folhas de laranjeira Valência, em casa de vegetação, e em vários substratos. O autor verificou que tanto o substrato como o porta-enxerto afetaram os teores de nutrientes nas folhas da copa. Houve diferenças significativas nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, manganês, zinco, cloro, boro e molibdênio atribuídas aos diferentes porta-enxertos.

MOURÃO Fe (1989) estudando a influência de oito diferentes porta-enxertos no vigor, produção e produtividade das plantas e nas concentrações de macro e micronutrientes nas folhas de laranjeira pera, tendo encontrado influência significativas dos porta-enxertos nos teores de potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês e boro em amostras de ramos frutíferos e nos teores de fósforo, potássio, magnésio, enxofre, ferro, zinco, cobre, manganês e boro nos ramos não frutíferos; os nutrientes que melhor explicaram a variação na produção foram fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco e cobre, sendo que os porta-enxertos tangerineiras Sunki e Cleopatra são os mais indicados para a diversificação do limoeiro cravo como cavalo para laranjeira pera.

Embora muitos trabalhos correlacionem porta-enxerto com concentração de nutrientes na copa, poucos são os que apresentam resultados de peso de matéria seca, área foliar e número de folhas em citros, e destes, SMITH (1969) relata que um pé de laranja pode produzir em média 50.000 folhas por ano, correspondendo a 10kg de matéria seca. MAXIMOS et alii(1980), trabalharam com mudas de limoeiro rugoso e laranjeira azeda em solução nutritiva até 18 meses após a germinação, determinou o nº de folhas por planta. O tratamento completo apresentou 137 folhas/planta, as deficientes em N, 66 folhas/planta e as deficientes em Ca, 106 folhas/planta. CIPOLI(1986) estudando a aplicação de calcário, gesso e calcário mais

gesso apresentou dados de diâmetro da copa após 1 ano de plantio, não havendo diferenças entre os tratamentos.

## 2.2. Estudo do sistema radicular

BOHM (1979), afirma que a pesquisa com raízes, nas condições naturais de campo, está ainda na fase inicial da ciência e, acrescenta que a razão disso é, basicamente devido à metodologia. KOLESNIKOV (1971), afirma que até então não havia em nenhuma língua, um trabalho sequer em horticultura, dedicado às várias técnicas de estudo de raízes de plantas frutíferas.

BOHM (1979) comenta os dois principais campos de estudo de raízes: a ecologia e a fisiologia das raízes, diferenciando suas finalidades. O estudo da ecologia das raízes tem por objetivo a investigação da influência de fatores ambientais sobre o desenvolvimento do sistema radicular da planta. Já, o estudo da fisiologia das raízes cuida dos processos fisiológicos da raiz. Menciona, ainda, que uma separação definida entre os dois campos não pode e não deve ser feita, pois o crescimento das raízes é governado por fatores internos e externos.

### 2.2.1. Métodos de estudo do sistema radicular.

Os diversos métodos para o estudo de raízes têm seguido o agrupamento proposto por Kolesnikov (1971), citado por BOHM (1979) porém com algumas modificações, e apresenta o seguinte agrupamento: 1) Método de escavação; 2) Método monolítico; 3) Método de perfuração com trado; 4) Método de trincheira; 5) Método da parede de vidro; 6) Método de avaliação indireta; 7) Métodos de plantas em vasos.

Em condições de campo, KOLESNIKOV (1971) afirma que cada método apresenta maior ou menor facilidade de emprego e que o método do trado foi utilizado pela primeira vez por E.S.West, em 1934, na Flórida (EUA), no estudo do sistema radicular de plantas cítricas. Fazendo sua apreciação sobre o método, ele afirma que o método do trado é simples e barato, podendo ser utilizado para resolver problemas de desenvolvimento de raízes em frutífera.

ATKINSON (1980) observa que o método de amostragem com trado, tem sido empregado frequentemente em estudos de raízes de árvores frutíferas e outras árvores, e pode permitir comparações com relativa rapidez, da posição das raízes, sem as distorções causadas pelo método da escavação total.

### 2.2.2. Peso das raízes

BOHM (1979) diz que o peso das raízes é o parâmetro mais comum para o estudo do crescimento das raízes, em resposta aos efeitos do meio ambiente. Geralmente as raízes lavadas são secadas e seu peso é determinado. Informa o autor, que o peso do material seco deve ser preferido, pois muitas informações concernentes ao crescimento e função de raízes é baseado nele, por ser o mais preciso e amplamente aceito, por isso, pode ser validamente comparado.

Schurman e Goedwargen\* (1971), citados por BOHM (1979), afirmam que para a determinação do peso de matéria seca, as raízes podem ser secas à temperatura de 60 a 75°C. Trabalhando nessa faixa de temperatura há necessidade de tempo mais longo do que quando se utiliza 105°C. Porém, à temperatura mais baixa evita-se que as raízes sejam muito fragmentadas.

### 2.3. Estudo do sistema radicular de plantas cítricas

JONES et alii (1957) realizaram um

---

\* SCHURMAN, J.J.; GOEDWARGEN, M.A.J. Methods for the examination of roots systems and roots. Wageningen, Pudoc Zend, 1971. 86p.

experimento na Califórnia, tendo como objetivo principal verificar a influência de substratos com diferentes relações sódio-potássio e de sete diferentes porta-enxertos, sobre o desenvolvimento e o teor de nutrientes nas folhas, ramos e raízes de plantas jovens de limoeiro "Allen Eureka". No que diz respeito ao último aspecto, os autores constataram que as variedades porta-enxerto exerceram grande influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio em todas as partes das plantas.

MONTENEGRO (1960), utilizando o método do trado, estudou a distribuição do sistema radicular de laranjeiras Hamlin, baianinha e pera, enxertadas sobre diversos porta enxertos, e também o sistema radicular do pé-franco de diversos porta enxertos nas condições do Estado de São Paulo. O autor verificou marcante influência da variedade copa sobre o sistema radicular. Quando as plantas não eram enxertadas o sistema radicular (radicelas) de plantas de pés-franco de limoeiro cravo e laranjeira azeda, mostrou-se com maior concentração junto ao tronco do que o de outros pés-franco. Quanto à distribuição horizontal das raízes, constatou que num raio de 2 metros a partir do tronco, são encontrados de 75% a 94% das radicelas. Quanto à profundidade constatou que em árvores com 10 anos, 90% das raízes estão na camada do solo que vai da superfície à profundidade de 60cm e que para árvores de 23 anos, 90% das raízes estão na camada que vai da superfície até 90cm de profundidade. O autor

constatou também, que o solo mostrou influência sobre o peso das radículas e a distribuição do sistema radicular.

ASO (1974) estudou o comportamento de cinco porta-enxertos em vasos contendo solo, com adições de  $\text{CaCO}_3$  (1,0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 ton/ha) observando 6 meses mais tarde que a deficiência de ferro apresentou-se diferentemente entre os porta-enxerto, de tal modo que a laranja azeda mostrou-se a mais tolerante à deficiência, seguindo à ela limoeiro rugoso, limão cravo, Cleopatra e Trifoliata. MELADO & CABALLERO (1974), estudaram na Espanha, a distribuição das raízes absorventes de plantas cítricas, com uso de radioisótopos e verificaram a maior absorção do  $^{32}\text{P}$  na profundidade de 0-30cm, sendo que para as árvores com 7 a 14 anos, a maior absorção ocorreu quando  $^{32}\text{P}$  estava à distância de um metro do tronco e, nas plantas mais velhas, com trinta anos de idade, a três metros do tronco.

CASTLE & KREZDORN (1975), verificaram na Flórida, o efeito de diferentes porta-enxertos na distribuição do sistema radicular das plantas e na composição mineral das folhas de tangêlo Orlando. Os autores constataram que os teores foliares de nutrientes foram influenciados pelo porta-enxerto, o que pode ser devido à capacidade diferencial do porta-enxerto em absorver água e nutrientes, em função da distribuição do sistema radicular, próximo à superfície.

MIKAHIL & EL-ZEFTAWI (1978, 1979), estudaram na Austrália, o efeito de diferentes tipos de solo e porta-enxertos na distribuição do sistema radicular, produção e composição mineral das folhas de laranjeira Valência. Os autores constataram que a maioria das raízes se encontravam nos primeiros 60 cm de profundidade, independente do porta-enxerto.

FACE (1979) estudou o sistema radicular da laranjeira Natal com cinco anos de idade, sobre três porta-enxertos de citros em solo Podzólico Vermelho, no Estado do Rio de Janeiro. O autor encontrou maior porcentual de radículas nos primeiros 20cm de profundidade do solo, na área correspondente ao raio de projeção da copa. Constatou acentuada diminuição de radículas abaixo de 20cm, sendo muito pequena abaixo de 80cm as quantidades de radículas. Afirma o autor que o limoeiro Volkameriano mostrou tendência a apresentar maior abundância de radículas nas camadas mais superficiais do solo do que o limoeiro cravo e o Trifoliata.

RODRIGUEZ et ali (1978), estudaram no Estado de São Paulo, o sistema radicular de três porta-enxertos de citros, desde a idade de 3 meses até a idade de 36 meses. Inicialmente, encontraram mais raízes no limoeiro cravo, seguido da laranjeira caipira e do Trifoliata. Houve alterações durante o período estudado, ficando, ao final, a caipira com maior peso de raízes, seguida do cravo e trifoliata. O trabalho mostrou também,



maior quantidade de raízes na camada superficial do solo, existindo entre 0-10cm, 41%, 33% e 28% de raízes, respectivamente para o Trifoliata, cravo e caipira; até 50cm de profundidade, estavam 91% das raízes do Trifoliata, 81% da caipira e 79% do cravo.

CARY & WEERTS (1980) estudaram o efeito de fatores ambientais sobre o crescimento de raízes, caules e folhas e composição de folhas de laranjeira Valência. O estudo foi realizado em casa de vegetação, sendo conduzido primeiramente até os 20 meses. Nesta fase, a elevação da temperatura de 19°C para 25°C, aumentou o tamanho do sistema radicular em duas vezes, não havendo diferenças para caules e folhas nas duas temperaturas. Em uma segunda fase, as mudas foram cultivadas até os 30 meses, com elevação da temperatura para 30°C, não havendo diferenças de crescimento de raiz com a temperatura de 25°C.

MEDINA URRATIA et alii(1980) estudaram a distribuição do sistema radicular de 8 porta enxertos com limeira da Persia. Com relação à densidade de raízes com diâmetro menor que 2mm, Citromelo 4475, *C. tawanic*a e *C. macrophylla* apresentaram 471, 420 e 408 mg/dm<sup>2</sup> respectivamente e raízes com diâmetro entre 2 e 5mm, 1,69; 68 e 95 mg/dm<sup>2</sup> respectivamente. Citromelo 4475 e limeiro cravo apresentaram o sistema radicular mais profundo, com mais de 39% das raízes menores que 2mm de diâmetro abaixo de 30cm do solo, já "Citrange Troyer" e laranja azeda

possuem mais de 85% de suas raízes menores que 2mm de diâmetro até os 30cm de solo. Afirmam haver uma correlação entre o crescimento das raízes e o crescimento da limeira da Persia.

MEDINA URRATIA & SEPULVIDA TORRES (1986) estudaram o desenvolvimento do sistema radicular de 6 porta-enxerto limoeiro mexicano com 2,5 anos de idade, num espaçamento de 9 x 9m. *C. macrophylla* e limoeiro rugoso apresentam maior número de raízes e sistema radicular mais profundo, já "Carrizo Citrange" e *C. depressa* apresentam menor número de raízes e sistema radicular mais superficiais e *C. taiwanica* e "Citromelo" apresentaram-se entre os citados anteriormente. A densidade de raízes em todos os casos foi maior dentro do raio da copa, do que fora dele.

BEHBOUDIAN et alii (1986) estudaram o efeito da salinidade devido a  $Cl^-$ ,  $Na^+$  e  $K^+$  sobre o seu conteúdo nas folhas, caules e raízes de laranjeira valência, limoeiro Taylor e Tangor Ellendale sobre Cleopatra, laranjeira Valência sobre limoeiro rugoso e pé franco de limoeiro rugoso. Houve diferença no acúmulo de  $Cl^-$  na raiz em função do porta-enxerto, sendo menor para a Cleopatra, limoeiro rugoso e limoeiro rugoso pé-franco, sendo estendido para caule e folhas. Nas condições de salinidade houve decréscimo de  $K^+$  em todas as raízes.

#### 2.4. Acúmulo de Nutrientes

A absorção de elementos minerais pelo citros se dá durante o ano todo, mas é porém maior no florescimento e quando se formam folhas e ramos novos: setembro/dezembro e março/abril. (KAMPFER & UEXKULL, 1966).

As baixas temperaturas afetam negativamente a absorção de nutrientes da solução solo, o efeito é entretanto, menos acentuado no caso do nitrogênio e do cálcio e mais pronunciado para o potássio e o magnésio (REITZ & STILES, 1968). A Tabela 1, apresenta a composição mineral da parte vegetativa da laranjeira; vê-se que o cálcio é o elemento dominante, seguido pelo nitrogênio o potássio e magnésio. O enxofre deve ocupar um lugar intermediário entre o fósforo e o magnésio.

Tabela 1: Teores médios percentuais de nutrientes nas partes vegetativas da Laranjeira (matéria seca).

Orgão	N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	2,22	0,18	1,31	4,20	0,25	0,25
Ramos	1,02	0,17	0,15	1,82	0,28	-
Troncos	0,40	0,07	0,21	0,51	0,07	-
Raízes	0,82	-	0,28	0,10	0,05	-

Fonte: KAMPFER & UEXKULL (1966)

MARCHAL & LACDEVILHE (1969) afirmaram que um pé de laranja em produção, com 2 caixas de 40,8kg por pé, contém em gramas: N-457; P-19; K-267; Ca-760 e Mg-42; em miligramas: B-487; Cu-544; Fe-14.674; Mn-1030 e Zn-442.

## 2.5. Cálcio nas plantas

O conteúdo de Ca da maioria das plantas superiores está na ordem de 5 a 30mg Ca.g<sup>-1</sup> de matéria seca. Este alto conteúdo em Ca, resulta de um alto nível de Ca na solução do solo e também da eficiência do mecanismo de absorção de Ca pelas células da raiz. (MENDEL & KIRBY, 1987). A razão de absorção do Ca<sup>++</sup>, entretanto, é usualmente mais baixa que a do K<sup>+</sup>. Este baixo potencial de absorção do Ca<sup>++</sup> decorre do fato, que este nutriente poder ser absorvido somente por raízes jovens, nas quais a parede celular e a endoderme não estão suberificadas (CLARKSON & SANDERSON, 1978). A absorção do Ca<sup>++</sup> pode ser diminuída competitivamente, pela presença de outros cátions tais como K<sup>+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, os quais são absorvidos rapidamente pelas raízes. (FORSTER & MENDEL, 1969).

Na planta, o Ca caminha pelo simplasto ou pelo apoplasto até a endoderme, onde atravessa as "Estrias de Caspary" ativamente, passando pelo simplasto e chegando aos vasos do xilema. No xilema, por fluxo-de-massa ou por troca iônica com os radicais livres da parede do xilema,

caminha até a parte-aérea, chegando nas folhas onde será metabolizado, tornando-se praticamente imóvel na planta, (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1986; MENGEL & KIRKBY, 1987).

Com relação as funções do Ca, MALAVOLTA et alii (1989) dividem-nas em:

- 1) Estrutural: pectatos de Cálcio (Lamela média), carbonato de cálcio, oxalato de cálcio, fitato de cálcio e calmodulinas.
- 2) Constituinte ou ativador enzimático: ATPase (aspirase) -  $ATP \rightarrow ADP + P$ ; alfa amilase - Amido = n glicose; Fosfolipase D - lecitina +  $H_2O$  = colina + ácido fosfatídico; Nucleases - ácido nucleico +  $H_2O$  = nucleotídeos.
- 3) Processos : estrutura e funcionamento de membranas, Absorção iônica, Reações com hormônios  $\langle \text{====} \rangle$  vegetais e ativação enzimática (via  $\langle \text{====} \rangle$  calmodulina).
- 4) Papéis na formação: Estimula o desenvolvimento das raízes; quanto à qualidade, aumenta a resistência a pragas e moléstias; auxilia a fixação simbiótica do nitrogênio; e aumenta o pegamento das floradas.

## 2.6. Boro nas plantas

O Boro é o único nutriente essencial caracterizado somente pelo critério indireto de essencialidade (MALAVOLTA, 1980). A absorção de B pelas plantas ocorre passivamente, não envolvendo gastos metabólicos (OERTLI (1963), BINGHAM et alii (1970) e BOWEN & NISSEN (1976)). O B é imóvel na planta, praticamente acompanhando o Ca, sendo as concentrações de B mais baixas nas regiões de crescimento (MENDEL & KIRKBY, 1987).

Com relação às funções do B, MALAVOLTA et alii (1989) dividem-nas em:

- 1) Estrutural: complexos cis com difenóis, carboidratos e açúcares-P.
- 2) Constituinte ou ativador de enzimas: ATPase de membranas celulares -  $ATP = ADP + P$ ; Sintetase de glicânio -  $UDPG + R = UDP + R-G$ ;
- 3) Processo: absorção iônica, transporte de carboidratos, síntese de lignina e celulose, síntese de ácidos nucleicos e proteínas.
- 4) Papel na formação e na qualidade das colheitas: germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico; melhor pegamento da florada; menor

esterelidade masculina e chochamento de grãos.

## 2.7. Ação do cálcio na absorção de cátions e ânions

A concentração de Ca na solução pode afetar marcadamente a razão de absorção de cátions e ânions (HAYNES, 1980). Dois efeitos estão provavelmente envolvidos, em primeiro lugar, baixas concentrações de Ca na solução (próximo de 50 $\mu$ M) são requeridas para manter a integridade das membranas (EPSTEIN, 1962), sendo este efeito específico para o Ca. Em segundo lugar, altas concentrações de Ca na solução podem diminuir a absorção de cátions como Mn<sup>++</sup> e Zn<sup>++</sup> (ROBSON & LONERAGAN, 1970 e CHAUDHRY & LONERAGAN, 1972) e elevar a absorção de ânions como SO<sub>4</sub><sup>=</sup> (FRANKLIN, 1971) e H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (ROBSON et alii, 1970), entretanto pode afetar a entrada destes íons através do sítio de absorção. Os efeitos do Ca na absorção de ânions são estabelecidos quase instantaneamente (ROBSON et alii, 1970).

O efeito do Ca não é específico. Cátions trivalentes aumentam a absorção de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> mais que cátions divalentes, os quais têm um maior efeito que cátions monovalentes (FRANKLIN, 1969). Cálcio e outros cátions podem aumentar a absorção de ânions de acordo com a dupla camada eletrônica associada às cargas negativas fixas da parede celular e desta forma permite maior acesso pelos

sítios de absorção. Este efeito, pode explicar a observação de que a absorção de  $\text{Cl}^-$  por tecidos, foi aumentada pelo incremento da razão  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{K}^+$  em soluções com concentrações equivalentes de cations (PITMAN, 1964).

Aumento na concentração externa de  $\text{K}^+$  reduz a absorção de  $\text{Ca}^{++}$  (LAZAROFF & PITMAN, 1966; OSMOND 1966; JOHANSEN et alli 1968, SPEAR et alli 1978b) e  $\text{Mg}^{++}$  (YOSHIDA 1966; LEGGETT & GILBERT, 1969; FAGERIA, 1974). Da mesma forma, o transporte do  $\text{Ca}^{++}$  à longas distâncias é reduzido pela alta concentração de cátions monovalentes devido à redução na razão de transpiração (LAZAROFF & PITMAN, 1966).

Os efeitos do  $\text{Ca}^{++}$  sobre a absorção de  $\text{K}$  são complexos. Separando o efeito do  $\text{Ca}^{++}$  na manutenção da integridade da membrana e afetando o acesso de ions aos sítios de absorção, o  $\text{Ca}^{++}$  pode afetar a absorção do  $\text{K}^+$  através da competição pela absorção, pela baixa atividade nos mecanismos de operação e altas concentrações de ions na solução.

Um trabalho clássico do efeito do  $\text{Ca}^{++}$  sobre  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{++}$  é o realizado por VIETS(1944), o qual trabalhando com raízes destacadas de cevada, em soluções com variação na concentração de Ca de 0 a 500meq/l de  $\text{CaBr}_2$  e a manutenção da concentração de K (0,005N KBr), observou que em baixas concentrações de Ca, as raízes de cevada apresentavam uma grande absorção de K, até 200 milequivalentes de  $\text{CaBr}_2$  na solução. Observou também, que



a partir dessa concentração ela decresce até ficar quase nula, quando a solução atinge 500 milequivalentes de  $\text{CaBr}_2$ . Em contra partida, a absorção de Ca é ampliada com o aumento da concentração de  $\text{CaBr}_2$ . O efeito do  $\text{Ca}^{++}$  sobre o  $\text{Mg}^{++}$  é o mesmo que ocorre no caso do  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{K}^+$ , mostrando um efeito significativo entre  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  sobre a absorção de K (MALAVOLTA, 1980).

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Local

O ensaio foi instalado no dia 10 de dezembro de 1989 e colhido em 03 e 04 de maio de 1990, sendo conduzido na casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP, "Campus" de Botucatu.

#### 3.2. Condução do Ensaio

O estudo foi conduzido em vasos com a capacidade para 3,0 litros de solução nutritiva, balanceadas segundo SARRUGE (1975), constando de quatro doses de cálcio (50, 100, 200 e 400 ppm) e quatro de boro (0,0625; 0,125; 0,25 e 0,5 ppm). As soluções de cada tratamento estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2. Soluções nutritivas utilizadas no trabalho, balanceadas segundo SARRUGE (1975).

SOLUÇÃO ESTOQUE (ml/l de solução nutritiva)									
Tratamentos (ppm)	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> M	KNO <sub>3</sub> M	MgSO <sub>4</sub> M	Ca(NO <sub>3</sub> ) 0,5M	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 0,5M	CaCl <sub>2</sub> M	Solução A* (-B)	Solução FeEDTA**	Solução B***
Ca 50									
B 0,0625	1	5	2	2,5	7,5	-	1,0	1,0	0,5
Ca 100									
B 0,0625	1	5	2	5,0	5,0	-	1,0	1,0	0,5
Ca 200									
B 0,0625	1	5	2	10,0	-	-	1,0	1,0	0,5
Ca 400									
B 0,0625	1	5	2	10,0	-	5,0	1,0	1,0	0,5
Ca 50									
B 0,125	1	5	2	2,5	7,5	-	1,0	1,0	1,0
Ca 100									
B 0,125	1	5	2	5,0	5,0	-	1,0	1,0	1,0
Ca 200									
B 0,125	1	5	2	10,0	-	-	1,0	1,0	1,0
Ca 400									
B 0,125	1	5	2	10,0	-	5,0	1,0	1,0	1,0

continuação...

Tratamentos (ppm)	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> M	KNO <sub>3</sub> M	MgSO <sub>4</sub> M	Ca(NO <sub>3</sub> ) 0,5M	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 0,5M	CaCl <sub>2</sub> M	Solução A* (-B)	Solução FeEDTA**	Solução B***
Ca 50									
B 0,25	1	5	2	2,5	7,5	-	1,0	1,0	2,0
Ca 100									
B 0,25	1	5	2	5,0	5,0	-	1,0	1,0	2,0
Ca 200									
B 0,25	1	5	2	10,0	-	-	1,0	1,0	2,0
Ca 400									
B 0,25	1	5	2	10,0	-	5,0	1,0	1,0	2,0
Ca 50									
B 0,5	1	5	2	2,5	7,5	-	1,0	1,0	4,0
Ca 100									
B 0,5	1	5	2	5,0	5,0	-	1,0	1,0	4,0
Ca 200									
B 0,5	1	5	2	10,0	-	-	1,0	1,0	4,0
Ca 400									
B 0,5	1	5	2	10,0	-	5,0	1,0	1,0	4,0

\* Solução A = apresenta a seguinte composição (g/l): MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O-1,81; ZnCl<sub>2</sub>-0,10; CuCl<sub>2</sub>-0,04; H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O-0,02

\*\* Solução Fe EDTA = Dissolver 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH N; misturar com 24,0 g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O. Arejar por uma noite, completar a 1 l e filtrar. Guardar em frasco escuro tampado, em geladeira.

\*\*\* Solução B = 0,715 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>/l.

### 3.2.1. Material básico:

A variedade porta enxerto utilizada foi o limoeiro cravo (*Citrus limonia* L. OSBECK), que também é conhecido pelos nomes de "Francês", "Bugre", "Rosa" e "Rangpur" (SALIBE, 1978), sendo a variedade dominante na citricultura brasileira, representando 90% dos porta-enxertos dos pomares comerciais (SALIBE, 1974).

### 3.2.2. Obtenção de Mudas.

As mudas foram retiradas do viveiro da Fazenda Experimental Lageado, conduzidas sob a orientação do Prof. Dr. Ari Aparecido Salibe, em número aproximado de 500 (quinhentas), sendo lavadas e separadas por diâmetro de caule. Para não sofrerem muito com a mudança do habitat, as mudas passaram por um processo de aclimação, iniciado 2 meses antes da instalação do trabalho, como descrito a seguir:

- a - 3 dias em água destilada, à sombra;
- b - 7 dias em solução nutritiva de macronutrientes (1/3 da concentração), à sombra.
- c - 10 dias em solução nutritiva de macronutrientes (1/3 da concentração), em

### Casa de Vegetação.

Após estes 20 dias, as mudas sofreram poda da parte aérea, sendo que, todas as folhas e ramos foram retirados, permanecendo apenas o caule principal.

O comprimento das raízes foi uniformizado a 15 cm e as plantas retornaram à casa-de-vegetação, prosseguindo o processo de aclimatação.

d - 15 dias em solução nutritiva de macronutrientes (1/3 da concentração).

e - 10 dias em solução nutritiva de macronutrientes (2/3 da concentração).

Durante todo o processo de aclimatação, a solução nutritiva seguia as concentrações para macronutrientes indicadas por SARRUGE (1975) e não continham os micronutrientes, para não afetar posteriormente os tratamentos com doses menores de boro de solução estoque. [Composição da solução nutritiva de macronutrientes (ml/l de solução):  $\text{KH}_2\text{PO}_4\text{M} - 1$ ;  $\text{KNO}_3\text{M} - 5$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{M} - 5$ ;  $\text{MgSO}_4\text{M} - 2$ ].

### 3.2.3. Solução nutritiva

A solução foi trocada a cada 15 dias, sendo feito acompanhamento semanal da concentração dos nutrientes  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  através de leituras no aparelho de absorção atômica e pH.

### 3.3. Delineamento Experimental e Análise Estatística.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 16 tratamentos em esquema fatorial através das combinações de 4 níveis de cálcio com 4 níveis de boro e quatro repetições, cuja análise estatística obedeceu ao seguinte esquema. (GOMES, 1981).

Causa da Variação	G.L.
Blocos	03
Níveis de Ca	03
Níveis de B	03
Interação Ca x B	09
Resíduo	45
Total	63

A comparação entre as médias realizadas pelo teste de Tukey, sendo utilizado o programa estatístico denominado EBLOC, desenvolvido no Polo Computacional de Botucatu - Centro de Informática na Agricultura (CINAG) da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, "Campus" de Botucatu.

### 3.3.1. Tratamentos

Níveis de cálcio: 50, 100, 200 e 400 ppm

Níveis de boro: 0,0625; 0,125; 0,25 e  
0,5 ppm

### 3.3.2. Parâmetros avaliados

#### 3.3.2.1. Comprimento de raiz

Para determinar o comprimento das raízes utilizou-se o aparelho COMAIR ROOTLENGTH SCANNER doado ao Departamento de Ciências do Solo pelo TARC - Tropical Agriculture Research Center do Japão, através de convênio.

O aparelho é composto por um disco de vidro, onde as raízes são colocadas para a leitura, um braço móvel, com um sistema de lâmpada "QUARTZ - IODINE" e



um sensor diodo de luminosidade e o comando do aparelho, com leitura digital (em metros) das amostras, segundo Figura 1.

O princípio da leitura do comprimento de raízes pelo aparelho baseia-se na metodologia sugerida por NEWMAN (1966), através da fórmula:

$$R = \frac{\sum x \times N \times A}{E \times H}$$

R = Comprimento da raiz (m)  
 N = Número de intersecção de raízes com o fator H  
 A = Área do disco (m<sup>2</sup>)  
 H = Total de metros lineares presentes no disco

Para se efetuar as leituras, as raízes devem ter um diâmetro menor que 2mm e devem ser cortadas com 30 a 40 mm de comprimento, devendo ser bem distribuídas sobre o disco.

#### 3.3.2.2. Diâmetro do caule

Medidas tomadas utilizando-se paquímetro, obtidas através da média de 4 medidas, 5 cm acima do colo da planta, em milímetro.

#### 3.3.2.3. Área foliar e número de folhas

Para determinar-se a área foliar total de cada parcela utilizou-se o aparelho AUTOMATIC AREA METTER

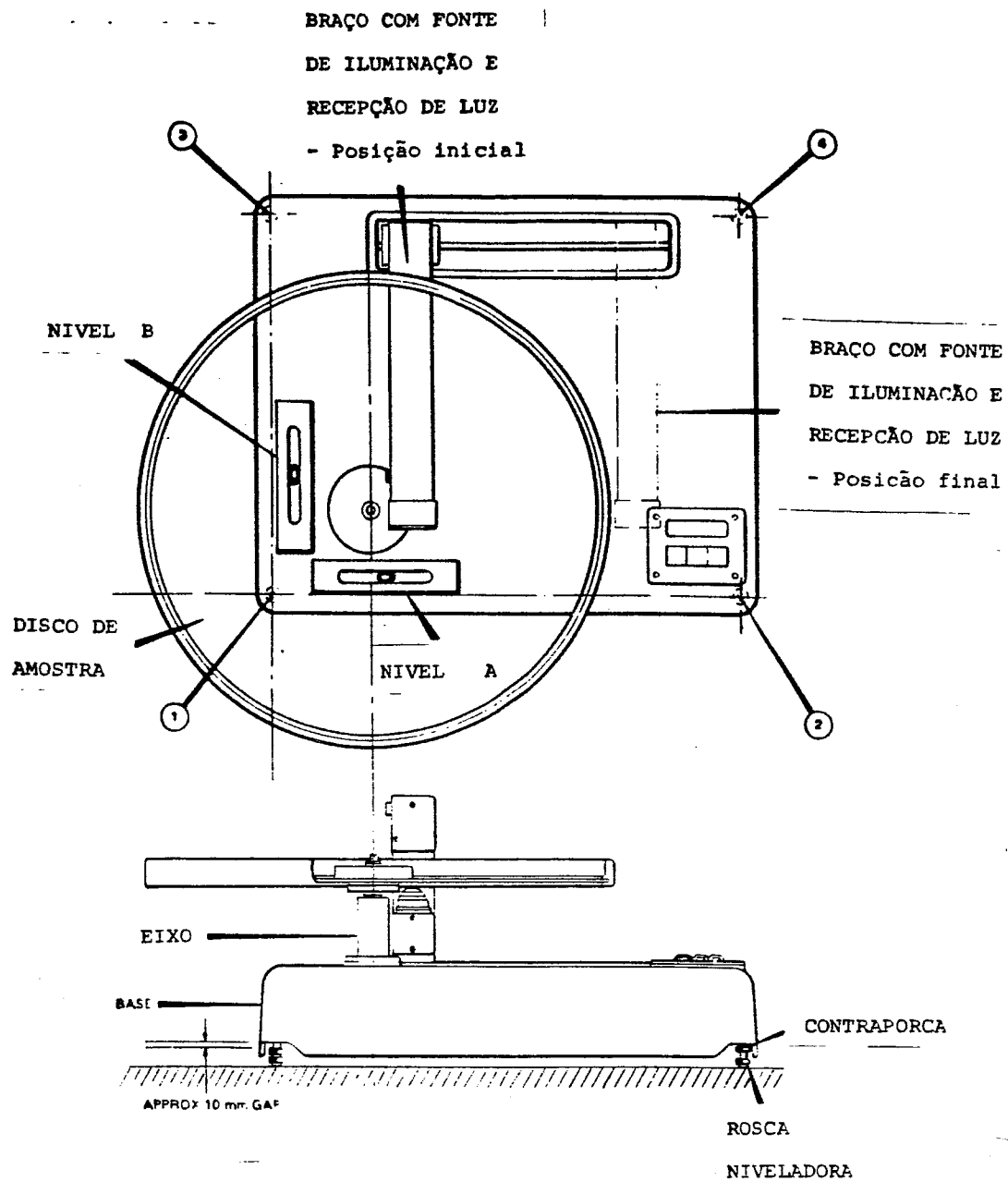


Figura 1: Esquema do aparelho COMAIR ROOTLENGTH SCANNER para medida de comprimento de raízes.

Modelo AAM-8, doado ao Departamento de Ciências do Solo pelo TARC - Tropical Agriculture Research Center, do Japão através de convênio. Após leitura no aparelho, todas as folhas foram contadas.

O aparelho é composto por uma unidade fotoelétrica, interligada a um receptor de luminosidade, que integra a área da sombra, uma esteira de plástico dupla, de maneira que a folha a ser determinada a área permaneça estendida e fixa, e uma unidade de controle do aparelho, com leitura digital das amostras (em  $\text{cm}^2$ ).

O princípio de funcionamento do aparelho baseia-se na diferença entre a luz emitida sem a amostra e com a amostra, sendo esta diferença a área foliar da mesma.

#### 3.3.2.4. Peso de matéria seca

Para se obter o peso de matéria seca, o material vegetal foi colocado em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura variando entre 65 e 70°C até peso constante.

#### 3.3.2.5. Teores de nutrientes

A concentração de nutrientes nas raízes, caule e folhas foi determinada através da metodologia

descrita por BATAGLIA et alii (1988). O conteúdo de nutrientes foi calculado em função do peso de matéria seca e da concentração em cada porção estudada (raízes, caule e folhas).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Raízes

#### 4.1.1. Peso de matéria seca e comprimento das raízes

Segundo BOHM (1979) o peso da raiz é o parâmetro mais comum para o estudo de raízes e que o peso da matéria seca deve ser o parâmetro preferido. Dividiu-se então as raízes em raízes principal, raiz secundária e para determinação do peso de matéria seca, considerou-se também o peso total. As raízes secundárias apresentavam-se com diâmetro menor que 2mm em todos os tratamentos.

Os resultados obtidos estão presentes nas Tabelas 3, 4 e 5, onde observa-se ser o cálcio, o elemento que mais afetou o desenvolvimento do sistema radicular, concordando com MARSCHNER(1986), MENGEL & KIRKBY(1987) e, MALAVOLTA et alii(1989), e não havendo efeito significativo do boro, discordando de MALAVOLTA et alii(1989). O efeito do cálcio foi notadamente sentido no peso da raiz principal e no peso total das raízes, e em um plano mais abaixo, no peso das raízes secundárias, de tal forma, que os resultados mostraram-se segundo a ordem decrescente de concentração de cálcio na solução nutritiva em 200ppm>400ppm>100ppm>50ppm de Ca.

Tabela 3: Peso de matéria seca das raízes principais(g/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições)

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,97	1,07	0,89	0,77	0,93 C
100	1,02	1,08	0,91	0,96	0,99 C
200	1,78	1,63	1,69	1,65	1,69 A
400	1,11	1,36	1,50	1,33	1,32 B
Média B	1,22 a	1,28 a	1,25 a	1,18 a	
Média = 1,23		dms 5% = 0,28		CV% = 24,64	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4: Peso de matéria seca de raízes secundárias(g/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições)

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,33	0,25	0,29	0,24	0,22 C
100	0,30	0,30	0,25	0,28	0,28 B
200	0,58	0,55	0,52	0,54	0,54 A
400	0,39	0,54	0,56	0,53	0,50 A
Média B	0,40 a	0,41 a	0,40 a	0,39 a	
Média = 0,40		dms 5% = 0,09		CV% = 24,55	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5: Peso de matéria seca de raízes total(g/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	1,31	1,33	1,19	1,01	1,21 C
100	1,31	1,38	1,16	1,24	1,27 C
200	2,36	2,17	2,20	2,19	2,83 A
400	1,50	1,90	2,06	1,87	1,83 A
Média B	1,621a	1,696a	1,654a	1,578a	
Média = 1,64		dms 5% = 0,34		CV% = 22,13	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para realizar as medidas de comprimento de raízes, utilizou-se as raízes secundárias e as leituras foram feitas no aparelho COMAIR ROOT LENGTH SCANNER, que exige raízes com diâmetro menor que 2mm. Os resultados acham-se no Tabela 6, onde observa-se que houve efeito do Ca e do B no comprimento das raízes, embora não tenha havido interação significativa entre eles. À medida que se elevou a concentração de Ca na solução nutritiva, observou-se aumento no comprimento, sendo que podemos dividir o efeito do Ca em duas faixas de concentrações: a primeira, que compreende as concentrações de 50 e 100ppm de Ca, que apresentaram comprimento médio de raízes de 12,8 e 13,7m respectivamente, e a segunda, que compreende as concentrações de 200 e 400ppm de Ca, as quais

apresentaram comprimento médio de raízes de 46,3 e 48,2m, respectivamente, representando um aumento de 3,5 vezes no comprimento de raiz, da primeira para a segunda faixa de concentração.

Tabela 6: Comprimento das raízes(m/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	12,97	11,55	13,80	13,10	12,85 B
100	14,42	13,67	12,47	14,50	13,76 B
200	38,82	43,97	49,75	52,90	46,36 A
400	34,30	52,62	52,80	53,07	48,20 A
Média B	25,130b	30,45ab	32,20ab	33,39a	
Média = 30,29		dms 5% = 6,28		CVX = 21,94	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao B, os resultados não foram tão expressivos como para o Ca, mas com o aumento do B na solução nutritiva, houve aumento no crescimento da raiz, de modo que os resultados apresentam-se, em função da concentração de B na solução nutritiva em 0,5 > 0,25 > 0,125 > 0,0625 ppm de B. Observa-se também que houve interação Ca x B nas concentrações de 200 e 400ppm de Ca e não houve para 50 e 100 ppm de Ca na solução nutritiva, sendo que este último caso deve estar relacionado a uma possível deficiência de cálcio na planta, podendo se supor



haver uma relação ideal entre Ca e B para o desenvolvimento do sistema radicular. Não foi encontrado nenhum trabalho sobre Ca, B ou Ca x B e comprimento do sistema radicular, ou outro nutriente essencial.

#### 4.1.2. Concentração e acúmulo de nutrientes pelas raízes

Pelos resultados encontrados nota-se um comportamento diferenciado entre os macronutrientes, de tal forma que visualiza-se três situações distintas.

Para N, P e S observa-se que à medida que se aumenta a concentração de Ca, diminui a concentração desses elementos nos tecidos das raízes, conforme mostram as Tabelas 7, 9 e 11, respectivamente, sendo este fato decorrente do aumento de peso de matéria seca das raízes causado pelo aumento da concentração de Ca, ocorrendo então, efeito de diluição no tecido. Pelos resultados de acúmulo de N, P e S, apresentados nas Tabelas 8, 10 e 12, respectivamente, nota-se à medida que se elevou a dose de Ca, aumentou o acúmulo desses elementos até 200ppm de Ca, havendo uma queda no acúmulo quando passou-se para 400ppm de Ca na solução. Tal efeito é comprovado por FRANKLIN(1971) e ROBSON et alii(1970) e PITMAN(1964). Não houve efeito das doses de boro na concentração ou no acúmulo de N, P e do S.

Tabela 7: Concentração de nitrogênio nas raízes(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	1,45	1,58	1,32	1,56	1,48 A
100	1,63	1,32	1,47	1,35	1,44 A
200	1,05	1,01	0,96	1,01	1,00 B
400	1,04	1,05	0,98	1,06	1,03AB
Média B	1,29a	1,24a	1,18a	1,24a	
Média = 1,24		dms 5% = 0,22		CV% = 18,42	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8: Acúmulo de nitrogênio nas raízes(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	18,64	21,04	15,67	15,83	17,79 B
100	21,34	18,42	16,75	16,41	18,23 AB
200	24,97	21,71	20,76	22,06	22,38 A
400	15,13	20,13	20,19	19,43	18,72 AB
Média B	20,02 a	20,32 a	18,34 a	18,43 a	
M = 19,28		dms 5% = 4,25		CV% = 23,41	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9: Concentração de fósforo nas raízes(%) de plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,147	0,15	0,13	0,18	0,15 A
100	0,17	0,13	0,17	0,14	0,15 A
200	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07 B
400	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07 B
Média B	0,12 a	0,10 a	0,11 a	0,11 a	
Média = 0,112		dms 5% = 0,03		CV% = 30,93	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10: Acúmulo de fósforo nas raízes(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	1,72	1,97	1,56	1,80	1,76 AB
100	2,22	1,79	1,87	1,68	1,89 A
200	2,08	1,51	1,56	1,41	1,64 AB
400	1,01	1,41	1,62	1,22	1,31 B
Média B	1,76 a	1,67 a	1,65 a	1,53 a	
Média = 1,65		dms 5% = 0,49		CV = 31,41	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11: Concentração de enxôfre nas raízes(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10 A
100	0,10	0,08	0,09	0,08	0,09 A
200	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06 B
400	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07 B
Média B	0,08 a	0,08 a	0,08 a	0,08 a	
Média = 0,078		dms 5% = 0,01		CV% = 18,80	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12: Acúmulo de enxôfre nas raízes(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	1,21	1,30	1,05	0,99	1,14 B
100	1,29	1,13	1,01	0,98	1,10 B
200	1,52	1,41	1,33	1,43	1,43 A
400	0,85	1,16	1,49	1,35	1,21AB
Média B	1,22a	1,25a	1,22a	1,19a	
Média = 1,22		dms 5% = 0,28		CV% = 24,66	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para K e Mg, não houve efeito do Ca ou do B sobre a concentração destes elementos nos tecidos das raízes, como mostram as Tabelas 13 e 15, pode-se observar pelas Tabelas 14 e 16, que até a concentração de 200ppm na solução, há um acúmulo crescente de K e Mg e a partir da dose de 200ppm o Mg sofre uma queda em seu acúmulo, o mesmo não ocorrendo com o K. As interações existentes entre o K e Ca e, Mg e Ca foram comprovadas por VIETS(1944), LAZAROFF & PITMAN(1966), EPSTEIN(1972), MALAVOLTA(1980), MARSCHNER(1986) e MENGEL & KIRKBY(1987), não havendo efeito das doses de boro na concentração e no acúmulo de K e Mg.

Tabela 13: Concentração de potássio nas raízes(%) das plantas de limoeiro cravo (médias de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,37	0,47	0,37	0,45	0,41A
100	0,51	0,27	0,35	0,30	0,36A
200	0,50	0,37	0,40	0,41	0,42A
400	0,43	0,39	0,43	0,42	0,42A
Média B	0,45a	0,38a	0,38a	0,39a	
Média = 0,40		dms 5% = 0,07		CV% = 35,82	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14: Acúmulo de potássio nas raízes(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (médias de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	4,87	6,33	6,27	5,61	5,77B
100	6,07	3,81	3,42	3,12	4,10C
200	10,04	6,35	8,24	7,69	8,08A
400	6,37	7,99	8,96	9,42	8,18A
Média B =	6,83a	6,12a	6,72a	6,46a	
Média = 6,54		dms 5% = 1,21		CV% = 39,41	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15: Concentração de magnésio nas raízes(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04 A
100	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04 A
200	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04 A
400	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04 A
Média B	0,04 a	0,04 a	0,04 a	0,04 a	
Média = 0,04		dms 5% = 0,01		CV% = 23,56	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16: Acúmulo de magnésio nas raízes(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,52	0,53	0,51	0,45	0,50 B
100	0,54	0,51	0,48	0,47	0,50 B
200	1,12	0,83	0,93	0,98	0,96 A
400	0,61	0,67	0,72	0,66	0,66 B
Média B	0,70a	0,64a	0,66a	0,64a	
Média = 0,66		dms 5% = 0,19		CV% = 31,35	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O cálcio, é um nutriente exigido em grandes quantidades pela cultura dos citros (SMITH, 1966), e o aumento de seu teor na solução nutritiva, resultou em aumento em seu teor no tecido vegetal como mostra a Tabela 17, sendo este aumento estatisticamente significativo. Não houve efeito de dose de B sobre o teor de Ca na raiz. Quanto ao acúmulo de Ca, o comportamento foi o mesmo da concentração na raiz, como mostra a Tabela 18, não havendo efeito do B ou da interação Ca x B, e este efeito foi verificado por, EPSTEIN(1962), MALAVOLTA(1980) E MALAVOLTA et alii(1989).

Analisando-se o B nas raízes, pode-se observar pela Tabela 19, que houve efeito do Ca e do B sobre a concentração de B no tecido, de forma que

Tabela 17: Concentração de cálcio nas raízes(%) das plantas de limoeiro cravo (médias de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,23	0,24	0,24	0,27	0,25 C
100	0,30	0,24	0,30	0,29	0,28 C
200	0,55	0,54	0,54	0,51	0,54 B
400	0,57	0,64	0,71	0,57	0,62 A
Média B	0,41 a	0,42 a	0,45 a	0,41 a	
Média = 0,423		dms 5% = 0,07		CV% = 17,28	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18: Acúmulo de cálcio nas raízes(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (médias de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	3,00	3,23	2,88	2,73	2,96 B
100	3,91	3,35	3,42	3,66	3,59 B
200	13,31	11,59	11,90	11,11	11,97 A
400	8,12	12,41	14,66	10,74	11,48 A
Média B	7,08a	7,63a	8,21a	7,06a	
Média = 7,50		dms 5% = 2,18		CV% = 30,85	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



elevando-se a concentração de Ca, elevou-se o teor de B no tecido e elevando-se o teor de B na solução, elevou-se também o B no tecido, mas não houve efeito da interação CaxB. Para o acúmulo de B na raiz, há apenas o efeito de dose de Ca, de modo que apresentar a seguinte ordem: 200 > 400 > 100 > 50, como mostra a Tabela 20.

Tabela 19: Concentração de boro nas raízes(ppm) das plantas de limoeiro cravo (médias de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	20,75	18,50	18,75	21,00	19,75AB
100	19,25	20,75	19,25	17,50	19,18 B
200	19,75	22,00	23,50	22,75	22,00 A
400	17,00	19,50	23,50	27,00	21,75AB
Média B	19,18b	20,18ab	21,25ab	22,06a	
Média = 20,67		dms 5% = 2,28		CV% = 11,71	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 20: Acúmulo de boro nas raízes (ug/planta) das plantas de limoeiro cravo (médias de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	27,10	24,36	22,35	20,75	23,64C
100	25,23	28,61	22,10	21,36	24,32C
200	46,12	47,29	50,43	49,51	48,34A
400	25,30	36,82	48,83	50,42	40,34B
Média B	30,94a	34,27a	35,93a	35,51a	
Média = 34,16		dms 5% = 6,94		CV% = 21,54	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 4.2. Caules

### 4.2.1. Peso de matéria seca e diâmetro dos caules.

Os resultados de peso de matéria seca dos caules encontra-se no Tabela 21, nota-se que houve somente efeito do Ca, de maneira que à medida que se elevou o Ca na solução nutritiva, aumentou o peso de matéria seca do caule. Igual resultado foi encontrado por BURSTROM (1964) em caules de ervilhas.

Com relação ao diâmetro médio dos caules, o mesmo aumentou, com o aumento da dose de Ca, conforme mostra o Tabela 22. Tal resultado, concorda com os obtidos

por ANDERSON(1971) que estudou o efeito da adição de micronutrientes, calcário e gesso em mudas com um ano de idade, em condições de campo, encontrando acréscimo no diâmetro, com a adição do Ca na planta e por CIPOLI(1986), que estudou o efeito do Ca no crescimento, produção e qualidade de frutos em laranjeira Valência jovem, onde com o aumento do fornecimento de Ca houve aumento no diâmetro do caule. Não houve efeito das doses de B ou de interação Ca X B no diâmetro médio dos caules.

#### **4.2.2. Concentração e acúmulo de nutrientes nos caules**

Da mesma maneira que para as raízes, para os caules, os resultados de concentração de N e P, apresentados nas Tabelas 23 e 25 respectivamente, nota-se que ao se elevar a dose de Ca, a concentração do N e do P, diminuiu, sendo este fato decorrente do aumento do peso de matéria seca do caule, devido ao aumento da concentração de Ca, ocorrendo assim o efeito de diluição. Pelos resultados de acúmulo do N e P, observa-se que houve efeito somente da dose de Ca, como são apresentados nas Tabelas 24 e 26, sendo este fato decorrente de um maior acúmulo de matéria seca. A concentração de 200ppm na solução foi a que conduziu aos maiores acúmulos de N e P nos caules. Tal efeito foi comprovado por ROBSON et alli (1970).

Para o S, os resultados de concentração apresentados na Tabela 27, mostram que houve efeito do B

Tabela 21: Peso de matéria seca dos caules (g/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	3,39	3,25	3,33	2,94	3,23C
100	3,60	4,40	3,29	3,67	3,74C
200	9,99	8,71	7,87	9,17	8,94A
400	5,42	8,02	7,80	8,86	7,53B
Média B	5,60a	6,10a	5,57a	6,16a	
Média = 5,86		dms 5% = 1,27		CV% = 22,98%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 22: Diâmetro médio dos caules (mm/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	5,86	5,66	5,62	5,67	5,70B
100	5,82	6,19	5,30	5,78	5,75B
200	8,07	8,08	8,05	8,23	8,11A
400	6,92	7,54	8,33	8,05	7,71A
Média B	6,67a	6,84a	6,82a	6,93a	
Média = 6,82		dms 5% = 0,67		CV% = 10,52%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 23: Concentração de nitrogênio nos caules(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	1,60	2,03	1,82	1,92	1,84 A
100	1,75	1,85	1,71	1,84	1,79 A
200	1,44	1,61	1,55	1,54	1,54 B
400	1,57	1,43	1,55	1,46	1,50 B
Média B	1,59 a	1,73 a	1,66 a	1,69 a	
Média = 1,669		dms 5% = 0,18		CV% = 11,14%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 24: Acúmulo de nitrogênio nos caules(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	54,55	65,91	60,84	56,69	59,50C
100	61,53	81,40	55,51	67,75	66,55C
200	143,63	141,13	122,11	139,20	136,52A
400	79,13	116,27	120,55	128,35	111,07B
Média B	84,71a	101,18a	89,75a	98,00a	
Média = 93,41		dms 5% = 19,12		CV% = 21,70	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 25: Concentração de fósforo nos caules(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,23	0,22	0,21	0,23	0,22 A
100	0,23	0,22	0,23	0,23	0,23 A
200	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18 B
400	0,19	0,16	0,18	0,17	0,17 B
Média B	0,22 a	0,19 b	0,20 b	0,20 b	
Média = 0,206		dms 5% =		CV = 8,88%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 26: Acúmulo de fósforo nos caules(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	7,87	7,26	7,19	6,69	7,26C
100	10,02	9,79	7,50	8,38	8,92C
200	18,72	15,39	14,65	17,09	16,46A
400	9,95	13,11	13,93	14,80	12,95B
Média B	11,64a	11,39a	10,82a	11,74a	
Média = 11,40		dms 5% = 2,22		CV% = 20,71%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 27: Concentração de enxofre nos caules(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,12	0,09	0,10	0,10	0,11 A
100	0,16	0,11	0,11	0,12	0,12 A
200	0,12	0,10	0,12	0,11	0,11 A
400	0,15	0,10	0,11	0,11	0,12 A
Média B	0,14 a	0,10 b	0,11 b	0,11 b	
Média = 0,118		dms 5% = 0,02		CV% = 22,75%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

nos tecidos dos caules de tal modo que, as concentrações maiores que 0,0625 ppm B apresentaram teores no tecido semelhantes estatisticamente entre si e menores que os apresentados pela menor concentração, não havendo na literatura trabalho que explique esse comportamento. Não houve efeito das doses de Ca ou da interação Ca x B. Quanto ao acúmulo de S pelo caule, houve efeito da dose de Ca na solução, sendo que o maior acúmulo se deu na concentração de 200ppm de Ca, como no caso de N e P. (Tabela 28). Não houve da dose de B na solução.

Os resultados de K mostram que houve efeito do Ca e do B sobre a concentração desse elemento no tecido do caule, de modo que, com a elevação da dose de Ca houve

Tabela 28: Acúmulo de enxofre nos caules(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	4,23	2,99	3,58	3,04	3,46C
100	5,71	4,79	3,52	4,62	4,66C
200	12,41	9,42	9,32	10,12	10,32A
400	7,36	7,80	8,70	9,74	8,40B
Média B	7,43a	6,25a	6,28	6,88a	
Média = 6,71		dms 5% = 1,43		CV% = 22,57%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 29: Concentração de potássio nos caules(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,92	0,81	0,83	0,92	0,87 B
100	0,95	0,82	0,82	0,82	0,85 B
200	1,11	0,99	1,00	1,03	1,03 A
400	1,07	0,98	1,02	0,97	1,01 A
Média B	1,01 a	0,90 b	0,92 b	0,93 b	
Média = 0,944		dms 5% = 0,07		CV% = 8,27%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



Tabela 30: Acúmulo de potássio nos caules(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				M Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	31,44	26,72	27,92	27,01	28,27B
100	34,88	36,36	27,34	30,40	32,10B
200	110,17	86,66	78,45	94,81	92,52A
400	59,76	79,74	79,90	86,19	76,40A
Média B	58,91a	57,37a	53,40	59,60a	
Média = 57,32		dms 5% = 13,14		CV% = 24,31%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

aumento da concentração de K, e que para o B as concentrações maiores que 0,0625ppm na solução apresentaram teores no tecido semelhantes estatisticamente entre si e menores que os apresentados por esta concentração, como mostra a Tabela 29, não apresentando porém interação entre Ca e B. Com relação ao acúmulo de K no tecido, houve efeito somente de Ca, como mostra a Tabela 30, onde com o aumento do Ca na solução houve aumento no acúmulo de K nos tecidos, com melhores resultados para 200 e 400ppm de Ca na solução. Sobre os resultados encontrados na revisão, existem trabalhos afirmando que, com o aumento da concentração de Ca na solução há diminuição na absorção do K (VIETS, 1944;

LAZAROFF & PITMAN, 1966; EPSTEIN, 1972; MALAVOLTA, 1980; MARCHNER, 1986 e MENGUEL & KIRKBY, 1987); embora os resultados obtidos nos caules contrariem a afirmação.

Para o Mg, os resultados de concentração no tecido encontram-se na Tabela 31 e observa-se que houve efeito somente do aumento do Ca na solução nutritiva, resultando em uma diminuição na concentração de Mg no tecido do caule, mostrando o efeito de diluição já apresentado por N e P. Quanto ao acúmulo de Mg, o efeito do Ca ocorreu de maneira inversa, ou seja, com o aumento da dose de Ca até o nível de 200 ppm houve aumento no acúmulo de Mg no tecido do caule, havendo diminuição no acúmulo deste nutriente com o aumento do nível de Ca para 400 ppm. Não houve efeito do B para a concentração e acúmulo de Mg, como mostra a Tabela 32. Os resultados concordam com EPSTEIN(1962), LAZAROFF & PITMAN(1966), OSMOND(1966), EPSTEIN(1972), MALAVOLTA(1980) e MENGEL & KIRKBY(1987).

Para o Ca, os resultados de concentração estão presentes na Tabela 33, mostrando haver efeito do Ca e do B na solução sobre a sua concentração no caule. O aumento da dose de Ca na solução nutritiva aumentou o teor de Ca no tecido, e a dose de 0,0625 ppm de B na solução resultou em uma maior concentração de Cálcio no tecido. Os resultados de concentração de Ca apresentaram a seguinte ordem de Ca na solução: 400 > 200 > 100 > 50ppm de Ca; Os resultados de acúmulo de Ca, apresentados na Tabela 34,

Tabela 31: Concentração de magnésio nos caules(%) das plantas de limoeiro cravo (médio de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,065	0,125	0,25	0,5	
50	0,11	0,09	0,09	0,11	0,10 AB
100	0,12	0,10	0,10	0,13	0,12 A
200	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09 B
400	0,10	0,07	0,08	0,08	0,08 B
Média B	0,11 a	0,09 a	0,09 a	0,11 a	
Média = 0,100		dms 5% = 0,02		CVX = 17,96%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 32: Acúmulo de magnésio nos caules(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	3,82	3,01	3,17	3,22	3,31C
100	4,51	4,67	3,26	4,89	4,33C
200	9,09	8,37	7,60	8,38	8,36A
400	4,92	6,05	6,76	7,31	6,26B
Média B	5,58a	5,53a	5,20a	5,95a	
Média = 5,57		dms 5% = 1,05		CVX = 20,04%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 33: Concentração de cálcio(%) nos caules das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,33	0,29	0,28	0,31	0,30 D
100	0,48	0,36	0,40	0,47	0,43 C
200	0,83	0,73	0,77	0,75	0,77 B
400	1,02	0,83	0,22	0,76	0,881A
Média B	0,66 a	0,55 b	0,60 ab	0,57 b	
Média = 0,598		dms 5% = 0,09		CV% = 15,47	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 34: Acúmulo de cálcio nos caules(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	11,41	9,61	9,55	9,02	9,90B
100	16,90	16,03	13,23	17,39	15,89B
200	82,24	62,66	60,80	68,34	68,51A
400	51,21	66,45	71,09	67,40	64,03A
Média B	40,44 a	38,69 a	38,67	40,54 a	
Média = 57,32		dms 5% = 9,36		CV% = 24,31%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

mostram que houve efeito somente do aumento da dose do Ca, de modo que as doses de 200 e 400ppm de Ca na solução apresentaram um acúmulo de 4 vezes mais Ca do que as doses de 100 e 50ppm. Tais resultados são respaldados por VIETS(1944), EPSTEIN(1962), MALAVOLTA(1980), MALAVOLTA & VIOLANTE NETO(1989) e MALAVOLTA et alii(1989).

A concentração de B nos tecidos do caule sofreu efeito do Ca e B da solução nutritiva, como mostra a Tabela 35. Quando se elevou o Ca na solução nutritiva, houve uma diminuição no teor do tecido, caracterizando o efeito de diluição; já ao se elevar o B na solução, houve aumento do teor no tecido do caule e, não houve efeito da interação entre Ca e B sobre a concentração de B no tecido do caule. Para o acúmulo de B no caule, há efeito do Ca e do B no aumento do acúmulo de B, como mostra a Tabela 36. Tanto para o Ca como para o B, o aumento nas doses na solução nutritiva refletiu em um aumento do acúmulo de B, embora não tenha havido efeito da interação Ca x B. O acúmulo de B no caule em função das doses de Ca, mostra que os tratamentos com 200 e 400ppm de Ca foram cerca de 83% superiores aos tratamentos 100 e 50 ppm de Ca. Para os tratamentos com B, o melhor resultado ocorreu para 0,5 ppm de B na solução.

Tabela 35: Concentração de boro nos caules(ppm) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	21,25	20,25	21,50	25,75	22,18A
100	21,25	19,50	25,00	24,75	22,62A
200	15,75	16,25	18,50	17,00	16,87B
400	19,75	16,75	18,75	18,25	18,37B
Média B	19,50ab	18,18b	20,93a	21,43a	
Média = 20,02		dms 5% = 2,17		CV% = 11,50%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 36: Acúmulo de boro nos caules(ug/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	71,96	65,74	71,06	75,57	71,08B
100	77,12	85,48	82,07	90,30	83,74B
200	155,33	140,51	145,81	156,04	149,42A
400	95,06	132,89	145,46	162,71	134,03A
Média B	99,87b	106,16ab	111,10ab	121,15a	
Média = 109,57		dms 5% = 20,95		CV% = 20,27	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 4.3. Folhas

#### 4.3.1. Peso de matéria seca, área foliar e número de folhas.

Pelos resultados de peso de matéria seca, área foliar e número de folhas nota-se que houve efeito da dose de Ca, como mostram as Tabelas 37, 38 e 39 respectivamente. Não houve efeito do B ou da interação CaxB. Tais resultados de número de folhas, concordam com MAXIMOS et alii(1980) que mostrou diminuição do nº de folhas na ausência do Ca na solução, no caso deste ensaio, a presença do Ca aumentou não só o nº de folhas, mas também a área foliar e o peso de matéria seca.

#### 4.3.2. Concentração e acúmulo de nutrientes pelas folhas.

Para os resultados de concentração de N nas folhas, pode-se observar pelo Tabela 40 que houve efeito do aumento do Ca na Solução Nutritiva diminuindo a concentração do N na folha, com o aumento do Ca na solução. Quanto ao acúmulo de N, em função da dose de Ca na solução nutritiva foi elevada, aumentou o acúmulo de N no tecido aumentou até a dose de 200 ppm como mostra a

Tabela 37: Peso de matéria seca das folhas(g/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	2,66	2,88	3,00	2,85	2,85B
100	3,64	4,10	3,86	3,42	3,76Ba
200	8,71	7,56	7,15	8,14	7,89A
400	4,94	7,18	7,74	8,32	7,04A
Média B	4,99a	5,43a	5,44a	5,68a	
Média = 5,38		dms 5% = 1,22		CV% = 24,09%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 38: Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	300,99	329,89	398,55	321,70	337,78B
100	404,65	442,95	430,78	375,25	413,41B
200	1055,35	887,17	777,30	976,06	923,97A
400	582,96	813,73	931,30	884,23	803,05A
Média B	585,99a	618,43a	634,48a	639,31a	
Média = 619,55		dms 5% = 179,09		CV% = 30,64%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



Tabela 39: Número de folhas de plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	54,00	47,00	53,25	50,25	51,12B
100	59,00	46,50	74,00	59,75	59,81AB
200	99,75	109,75	99,50	92,50	100,37A
400	74,00	68,75	134,50	73,50	87,68A
Média B	71,68a	68,00a	90,31a	69,00a	
Média = 74,75		dms 5% = 29,94		CV% = 42,46%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 40: Concentração de nitrogênio nas folhas(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	3,23	3,31	3,52	2,99	3,26A
100	3,01	2,96	3,26	3,34	3,14AB
200	2,76	2,88	2,66	2,90	2,80B
400	2,92	2,82	3,01	2,58	2,83B
Média B	2,98a	2,99a	3,11a	2,96a	
Média = 3,01		dms 5% = 0,42		CV% = 14,67%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 41. A concentração de N foi maior para tratamentos 200 e 400ppm de Ca, de modo que em média, este acúmulo foi 97% maior que nos tratamentos 50 e 100ppm de Ca. O efeito da concentração de N em função do teor de Ca na solução, é confirmado pelo trabalho de ANDERSON(1987), que encontra uma diminuição da concentração do N na folha, com a adição de calcário e calcário mais gesso. Já NAGAI et alii (1975) estudando a interação entre os nutrientes através do estudo da aplicação isolada de cada nutriente e a sua correlação com os demais nutrientes da folha, afirmaram que com a adição do Ca, há elevação do N e do Ca nas folhas.

Pelos resultados de concentração de P na folha, como mostra a Tabela 42, houve efeito da elevação do Ca na solução, diminuindo o teor de P no tecido foliar; tal resultado não foi obtido por ANDERSON (1987). Para os resultados de acúmulo de P na folha, houve efeito do teor do Ca na solução nutritiva, aumentando o acúmulo de P na folha como mostra a Tabela 43. O acúmulo de P nas folhas para as concentrações de 200 e 400ppm de Ca na solução, foram cerca de 50% maior que o promovido por 100 e 50ppm de Ca na solução, mas para NAGAI et alii(1975) as respostas da adição de Ca sobre o teor de P na folha não foram consistentes.

Os resultados de concentração de S na folha estão presentes na Tabela 44, onde mostra não ter havido efeito significativo de Ca, B e da interação Ca x

Tabela 41: Acúmulo de nitrogênio nas folhas(mg/planta) de plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	86,01	95,72	104,39	85,16	92,82B
100	108,52	120,71	123,11	115,92	117,07B
200	236,22	216,53	192,33	233,43	219,63A
400	131,18	203,48	232,42	215,61	195,67A
Média B	140,48a	159,11a	163,06a	162,53a	
Média = 156,30		dms 5% = 32,21		CV% = 21,85%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 42: Concentração de fósforo nas folhas(%) das plantas de limoeiro cravo(média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,26	0,26	0,26	0,21	0,250A
100	0,23	0,21	0,22	0,22	0,226A
200	0,15	0,16	0,15	0,17	0,164B
400	0,17	0,16	0,17	0,15	0,166B
Média B	0,21 a	0,20 a	0,20 a	0,19 a	
Média = 0,202		dms 5% = 0,03		CV% = 14,34%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 43: Acúmulo de fósforo nas folhas(mg/planta das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	7,12	7,54	7,70	6,21	7,14B
100	8,53	8,66	8,73	7,83	8,43B
200	13,40	12,62	11,19	14,34	12,89A
400	8,66	11,78	13,13	12,72	11,57A
Média B	9,43a	10,15a	10,18a	10,27a	
Média = 10,01		dms 5% = 2,22		CV% = 23,59%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 44: Concentração de enxofre nas folhas(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,31	0,32	0,30	0,25	0,301A
100	0,30	0,25	0,24	0,28	0,273A
200	0,29	0,30	0,27	0,29	0,290A
400	0,27	0,29	0,29	0,24	0,278A
Média B	0,298a	0,293a	0,282a	0,269a	
Média = 0,287		dms 5% = 0,04		CV% = 16,22%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

B, sendo tais resultados também foram obtidos por CIPOLLI (1986) e ANDERSON (1987) nos tratamentos onde utilizaram calcário. Para o acúmulo de S, em função do teor de Ca na solução nutritiva, houve aumento no acúmulo de S, conforme mostra a Tabela 45, tendo se destacado os tratamentos 200 e 400 ppm, sendo em média cerca de 123% superiores aos tratamentos 100 e 50ppm de Ca na solução. Segundo NAGAI et alii (1975) as respostas da adição de Ca sobre a concentração de S na folha, também não foram consistentes.

Para concentração de K na folha, como mostra a Tabela 46, em função do teor de Ca na solução nutritiva houve elevação no teor de K na folha, enquanto que a elevação da dose de B, diminuiu o teor de K na folha. Segundo ANDERSON (1987), com a aplicação de calcário e calcário mais gesso houve diminuição da concentração de K na folha e para CIPOLLI (1986), a adição de calcário não alterou a concentração de K na folha, entretanto aplicando gesso, houve diminuição, e com a aplicação de calcário mais gesso houve grande aumento da concentração de K na folha. Para NAGAI et alii (1975), a adição de Ca leva à uma diminuição de K na folha. Para o acúmulo do K na folha, somente houve efeito da dose do Ca, como mostra a Tabela 47. O maior acúmulo de Ca ocorreu no tratamento 200ppm de Ca na solução nutritiva, sendo seguido por 400, 100 e 50ppm de Ca. Não houve resposta para B ou para a interação Ca x B.

Para os resultados de concentração de Ca, apresentados na Tabela 48, verificou-se que houve efeito do Ca e do B na concentração de Ca nas folhas. A elevação do Ca na solução, resultou em um aumento na concentração do mesmo nas folhas, ocorrendo o inverso quando se aumentou o nível do B na solução. Para NAGAI et alii(1975), CIPOLI (1986) e ANDERSON (1987), com a aplicação de Ca, calcário e calcário+gesso, ocorreu o aumento do teor de Ca nas folhas, não havendo informações sobre a ação do B. Com relação ao acúmulo de Ca pelas folhas, houve resposta somente à elevação da dose de Ca, que promoveu aumento no acúmulo de Ca, como mostra a Tabela 49. O maior acúmulo se deu nos tratamentos 400 e 200ppm de Ca na solução, que se apresentaram cerca de 7,1 vezes maior do que o acúmulo promovido pelos tratamentos 100 e 50ppm de Ca na solução.

Quanto à concentração de Mg nas folhas, esta foi influenciada pelo aumento dos níveis de Ca, como se observa na Tabela 50. Para NAGAI et alii (1975), a adição de Ca leva à uma diminuição do teor de Mg nas folhas, para CIPOLLI (1986), a adição de gesso diminui o teor de Mg nas folhas e a adição de calcário dolomítico e calcário dolomítico + gesso promove a elevação do teor de Mg nas folhas e para ANDERSON (1987), a adição de calcário calcítico mais gesso promoveu diminuição no teor de Mg nas folhas e a adição de calcário dolomítico elevou o teor de Mg nas folhas. Quanto aos resultados de acúmulo de Mg nas folhas, como mostra a Tabela 51, houve efeito da elevação do Ca, de modo que com esta elevação, aumentou o acúmulo de Mg na folha. Os tratamentos 200 e 400ppm de Ca na solução promoveram acúmulos cerca de 1,3 vezes em média,

superiores aos tratamentos 100 e 500ppm de Ca.

Para a concentração de B nas folhas, houve efeito do Ca e do B, como mostra a Tabela 52, de tal modo que, a elevação da dose de Ca na solução resultou em decréscimo nos teores de B nas folhas e, com a elevação da dose de B na solução houve aumento no teor de B nas folhas. Segundo NAGAI et alli(1975) não houve efeito da adição de Ca sobre o teor de B nas folhas. Quanto ao acúmulo de B nas folhas, houve efeito do Ca e do B, de modo que, com a elevação das doses do Ca e do B na solução, houve aumento do B acumulado nas folhas como mostra a Tabela 53, tendo-se para os tratamentos 200 e 400ppm de Ca e para o tratamento 0,5 ppm de B o maior acúmulo de B na folha.

Tabela 45: Acúmulo de enxofre nas folhas(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	8,53	9,39	9,06	7,36	8,58C
100	11,07	10,31	9,54	9,65	10,14C
200	24,55	22,77	20,05	23,22	22,65A
400	11,99	20,85	22,92	20,91	19,17B
Média B	14,04a	15,83a	15,39a	15,28a	
Média = 15,14		dms 5% = 3,41		CV% = 23,99%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 46: Concentração de potássio nas folhas(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	2,70	2,56	2,69	2,34	2,57B
100	2,59	2,35	2,30	2,47	2,43B
200	3,03	3,08	2,88	2,88	2,97A
400	3,24	2,55	2,62	2,47	2,72AB
Média B	2,89a	2,60ab	2,62ab	2,54b	
Média = 2,677		dms 5% = 0,31		CV% = 12,18%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 47: Acúmulo de potássio nas folhas(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	72,31	73,85	80,11	67,33	73,49C
100	93,92	96,90	87,91	84,47	90,80C
200	258,41	235,01	207,67	231,12	233,05A
400	145,27	187,25	202,47	205,99	184,49B
Média B	142,48a	147,50a	144,54a	147,23a	
Média = 145,44		dms 5% = 31,87		CV% = 23,22%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



Tabela 48: Concentração de cálcio nas folhas(%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,47	0,38	0,35	0,33	0,38 C
100	0,50	0,41	0,46	0,46	0,46 C
200	1,44	1,42	1,33	1,36	1,38 B
400	1,89	1,60	1,67	1,37	1,63 A
Média B	1,08 a	0,96 ab	0,95 ab	0,88 b	
Média = 0,968		dms 5% = 0,16		CV% = 17,76%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 49: Acúmulo de cálcio nas folhas(mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	12,21	10,99	10,28	9,48	10,74B
100	18,06	17,11	17,49	15,90	17,14B
200	123,28	106,47	95,68	109,16	108,65A
400	85,83	115,56	128,37	115,07	111,21A
Média B	59,84a	62,53a	62,95a	62,40a	
Média = 61,93		dms 5% = 15,99		CV% = 27,38%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 50: Concentração de magnésio nas folhas (%) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	0,15	0,13	0,15	0,15	0,14 A
100	0,12	0,10	0,11	0,11	0,11 B
200	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13 A
400	0,14	0,12	0,13	0,10	0,12 AB
Média B	0,14 a	0,13 ab	0,13 a	0,13 a	
Média = 0,13		dms 5% = 0,02		CVX = 16,32%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 51: Acúmulo de magnésio nas folhas (mg/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	4,12	3,91	4,46	4,41	4,22B
100	4,65	4,37	4,34	3,93	4,32B
200	10,98	10,99	9,82	11,06	10,71A
400	7,14	9,22	10,36	8,99	8,92A
Média B	6,72a	7,12a	7,25a	7,10a	
Média = 7,05		dms 5% = 1,65		CVX = 24,86%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 52: Concentração de boro nas folhas(ppm) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	65,00	60,50	70,50	73,50	67,37A
100	52,50	54,25	54,25	70,75	57,93B
200	39,00	50,50	44,00	59,00	48,12C
400	52,00	47,00	38,75	56,75	48,62C
Média B	52,12b	54,06b	51,87b	65,00a	
Média = 55,51		dms 5% = 9,17		CV% = 17,52%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 53: Acúmulo de boro nas folhas(ug/planta) das plantas de limoeiro cravo (média de 4 repetições).

Ca ppm	B ppm				Média Ca
	0,0625	0,125	0,25	0,5	
50	174,43	173,28	208,56	210,06	191,58C
100	191,64	218,76	206,91	242,43	214,94BC
200	328,96	373,54	317,46	477,15	374,28A
400	224,87	338,78	308,14	474,70	336,62A
Média B	229,98b	276,09b	260,27b	351,08a	
Média = 279,35		dms 5% = 68,72		CV% = 26,07%	

\* Médias seguidas de letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições do presente trabalho, permitem as seguintes conclusões.

O cálcio influenciou significativamente o desenvolvimento do sistema radicular, o crescimento da parte aérea e a composição mineral de mudas de limoeiro cravo.

Dos parâmetros avaliados o boro apresentou resposta somente para o comprimento de raízes de limoeiro cravo.

Não houve efeito da interação Ca x B sobre desenvolvimento do limoeiro cravo.

O melhor desenvolvimento de mudas do limoeiro cravo, em solução nutritiva, ocorreu no tratamento que continha 200ppm de Ca.

## 6 - BIBLIOGRAFIA

- AMARO, A.A. A citricultura em fase de transição. *Sinal Verde*, São Paulo (2):3-5, nov/ fev. 1986/1987.
- ANDERSON, C.A. Effects of soil pH and calcium on yields and fruit quality of young "Valência" oranges. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Winter Haven, 84:4-10, 1971.
- ANDERSON, C.A. Fruits yields, tree size and mineral nutrition relationships in Valencia orange trees as affected by liming. *Journal of Plant Nutrition*, New York, 10(9/16):1907-16, 1987.
- ASO, P.J. Tolerância de plantines de portainjertos citricos a varios niveles de carbonato de calcio en el suelo. *Revista Industrial Agricola de Tucuman*, Tucuman, 51(1):35-6, 1974.
- ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of root of tree crops. *Horticultural Reviews*, New York,

2:424-90, 1980.

BATAGLIA, D.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.;  
FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. *Métodos de análise química  
de plantas*. Campinas, IAC, 1988. 48p. (IAC. Boletim,  
78).

BEHBOUDIAN, H.H.; TOROKFALVY, E.; WALKER, R.R. Effect of  
solinity on ionic content, water relations and gas  
exchang parameters in some citrus scion-rootstock  
combinations. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam,  
22(1/2):105-16, 1986.

BINGHAM, F.T.; ELSFEWI, A.; DERTLI, J.J. Characteristics  
of boron absorption by excised barley roots. *Soil  
Science Society of América Proceedings*, Madison,  
34:613-7, 1970.

BOHM, W. *Methods of studying root systems*. Berlin,  
Springer-Verlag, 1979. 188p. (Ecological Studies, 33).

BOWEN, J.E. & NISSEN, P. Boron uptake by excised barley  
roots. I. Uptake into the free space. *Plant Physiology*,  
Bethesda, 52:353-7, 1976.

BURSTROM, H.G. Calcium, water conditions, and growth of  
Pea seedling stems. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen,

12:207-219. 1964.

CARY, F.R. & WEERTS, P.G.J. Factors affecting growth, yield and fruit composition of Washington Navel and late Valencia orange trees. *Proceedings of the International Society of Citriculture*. 1978. Griffith, N.S.W., Australia. 1980. p.77-86.

CASTLE, W.S. & KREZDORN, A.H. Rootstocks effect on root distribution and leaf mineral content of "Orlando" Tangelo trees. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Winter Haven, 86:80-4, 1973/1974..

CASTLE, W.S. & KREZDORN, A.H. Effect of citrus rootstocks on root distribution and leaf mineral content of "Orlando" tangelo trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Saint Joseph 100(1):1-4, 1975.

CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTNER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J., ed. *The citrus industry*. Berkeley, University of California, Division of Agricultural Sciences, 1968. v.2. p.127-289.

- CHAPMAN, H.D. & BROWN, S.M. Analysis of orange leaves for diagnosing nutrient status with reference to potassium. *Hilgardia*, Berkeley, 12(17):501-40, 1950.
- CHAUDHRY, F.M. & LONERAGAN, J.F. Zinc absorption by wheat seedlings. I. Inhibition by macronutrient ions in short term studies and its relevance to long term zinc nutrition. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 36:323-7, 1972.
- CIPOLLI, J.F. Efeitos da aplicação de calcário calcinado, gesso e misturas calcário-gesso na cultura de citros. I. Resultados preliminares. Jaboticabal, 1986. 49p. (Graduação - Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias/UNESP).
- CLARKSON, D.T. & SANDERSON, J. Sites of absorption and translocation of iron in barley roots. Tracer and micro autoradiographic studies. *Plant Physiology*, Bethesda, 61,731-6. 1978.
- COOPER, W.C.; GORTON, B.S.; OLSON, E.O. Ionic accumulation in citrus as influenced by rootstock and scion and concentration of salt and boron in the substrate. *Plant Physiology*, Bethesda, 22(1):191-203, 1952.



- COOPER, W.C.; PEYNADO, A.; OLSON, E.O. Response of grape fruit on two rootstocks to calcium addition to high-sodium, boron-contaminated and saline irrigation water. *Soil Science*, Baltimore, 84(4):180-9, 1958.
- EPSTEIN, E. Mutual effects of ions in their absorption by plants. *Agrochimica*, Pisa, 6:293-322, 1962.
- EPSTEIN, E. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. New York, John Wiley, 1972.
- FAGERIA, N.K. Uptake of potassium and its influence on growth and magnesium uptake by groundnut (*Arachis hypogaea*, L.) plants. *Biologia Plantarum*, Prague, 16:210-3, 1974.
- FORSTER, H. & MENDEL, K. The effect of a short term interruption in the K supply during the early stage on yield formation, mineral content and soluble amino acid content. *Zeitschrift fuer Ackerund. Pflanzenbau*, Hamburg, 130:203-13, 1969.
- FRANKLIN, R.E. Effect of adsorbed cations on phosphorus absorption by excised roots. *Plant Physiology*, Bethesda, 44:687-700, 1969.

- FRANKLIN, R.E. Cation effects on chloride, sulphate and phosphate uptake by excised roots. *Soil Science*, Baltimore, **112**:343-7, 1971.
- GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O., FRAGA JUNIOR, C.G. Influência da variedade e do porta-enxerto na composição mineral das folhas de citros. *Bragantia*, Campinas, **12**(20):307-18, 1960.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 9.ed. Piracicaba, ESALQ, 1981. 430p.
- HAYNES, R.J. Ion exchange properties of roots and ionic interaction within the roots apoplasm: their role in ion accumulation by plants. *Botanical Review*, Bronx, **46**:75-99, 1980.
- JOHANSEN, C.; EDWARDS, D.G.; LONERAGAN, J.F. Interactions between potassium and calcium in their absorption by intact barley plants. I. Effect of potassium on calcium absorption. *Plant Physiology*, Bethesda, **42**:1717-21, 1968.
- JONES, W.W.; MARTIN, J.P.; BITTERS, W.P. Influence of exchangeable sodium and potassium in the soil on the growth and composition of young lemon trees on different rootstocks. *Proceedings of the American*

- Society for Horticultural Science*, Alexandria, 62:189-96, 1957.
- KAMPER, M. & UEXKULL, H.R. von. *Nuevos conocimientos sobre la fertilización de los cítricos*. 3ed. Hanover, Verlag Gessellschaft fur Ackerbau, 1966. 104p.
- KOLESNIKOV, V. *The root system of fruit plants*. Moscow, MirPublishers, 1971. 269p.
- LAZAROFF, N. & PITMAN, M.G. Calcium and magnesium uptake by barley seedlings. *Australian Journal Biological Sciences, East Melbourne*, 12:991-1005, 1966.
- LEGGETT, J.E. & GILBERT, W.A. Magnesium uptake by soybean. *Plant Physiology, Bethesda*, 44:1182-86, 1969.
- LIMA, L.A. de. Influência de diferentes porta-enxertos e enxertos na variação da concentração de macronutrientes nas folhas de Laranjeiras, *Citrus sinensis (L.) Osbeck*. Botucatu, 1973. 135p. (Doutorado - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu).
- LIMA, L.A. de; MISCHAN, M.M.; SALIBE, A.A.. Concentração de boro e enxofre em folhas de Laranjeiras Doces, determinadas por diferentes porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura, Campinas*, 2(2):54-61, 1980.

- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. & VIOLANTE NETTO, A. *Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 153p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas. princípios e aplicações*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARCHAL, J. & LACOEUILHE, J.J. Bilan mineral du mandarinier. *Fruits*, Paris, 24(6):299-318, 1969.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. New York, Academic Press, 1986. 674p.
- MAXIMOS, S.E.; ELGALA, A.M.; MONTASSER, A.S.; ALWAN, A.H. *Influence of macro-nutrient deficiency on growth, inorganic and organic constituents of two citrus rootstocks*. Cairo, Ain Shans University/Faculty of Agriculture, 1980. 15p. (Research Bulletin, 1285).
- MEDINA URRATIA, V.M.; SEPULVIDA TORRES, J.L. Root distribution of six mexican lime rootstocks.

*Proceedings of the Tropical Region, American Society for Horticultural Science*, Mount Vernon, 23:81-4, 1986.

MEDINA URRATIA, V.M.; ALCALDE BLANCO, S.; SADOWSKI, A.  
Analysis of the root distribution of eight rootstocks grafted with persian lime (*Citrus latifolia*, L.).  
*Agricultura Técnica en México*, México, 6(1):67-76, 1980.

MELADO, L. & CABALLERO, F. Estudio de la distribución de raíces activas en el naranjo, utilizando P-32. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias*. Madrid, 4:97-121, 1974.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 4.ed. Bern, *International Potash Institute*, 1987. 655p.

MIKHAIL, E.H. & EL-ZEFTAWI, B.W. Effect of soil types and rootstocks on root distribution and leaf composition of citrus trees. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, Sydney, p.214-6, 1978.

MIKHAIL, E.H. & EL-ZEFTAWI, B.W. Effect of soil types and rootstocks on root distribution, chemical composition of leaves and yield of valência orange. *Australian Journal of Soil Scientific Research*, Melbourne, 12(2):335-42, 1979.

- MONTENEGRO, H.W.S. Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba, 1960. 143p. (Catedra - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz/USP).
- MOREIRA, S. Experiências de cavalos para citros. I. *Bragantia*, Campinas, 1(8/9):525-65, ago/set., 1941.
- MOREIRA, S.; ROESSING, C.; ABRAMIDES, E. Experimentos de cavalos para citros. IV. *Bragantia*, Campinas, 21(6):63-76, jan., 1962.
- MOURÃO FILHO, F. A. Efeito de diferentes porta-enxertos no vigor e produtividade das plantas e nas concentrações de macro e micronutrientes nas folhas de Laranjeira Pera (*Citrus sinensis*, L., Osbeck). Botucatu, 1989, 189p. (Mestrado - Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP).
- NAGAI, U.; IGUE, T.; HIROCE, R. Estudos comparativos das relações entre os nutrientes dosador nas folhas de café, citros e milho. *Bragantia*, Campinas, 4:XXIII-XXVII, ago. 1975. (Nota, 6).
- NEWMAN, E.I. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal Appl. Ecol.* 3:139-45, 1966.

- OERTLI, J.J. The influence of certain environmental conditions on water and nutrient uptake and nutrition distribution in barley seedlings with special reference to boron. In: CHANDRA, L., ed. *Advancing frontiers plant science*. New Delhi, Institute Advancement of Science and Culture, 1963. p.55-85.
- OSMOND, C.B. Divalent cation absorption and interaction in Atriplex. *Australian Journal Biological Sciences*, East Melbourne, 12:37-48. 1966.
- PACE, C.A.M. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzolizados. Rio de Janeiro, 1979. 81p. (Mestrado-Universidade Rural do Rio de Janeiro).
- PITMAN, M.G. The effect of divalent cations on the uptake of salt by beetroot tissue. *Journal Experimental Botany*, Oxen, 15:444-56, 1964.
- POMPEU JUNIOR, J. Estudo do comportamento de clones nucelares e velhos de Laranjeira Hamlin (*Citrus sinensis*, L. Osbeck) em dois porta-enxertos. Piracicaba, 1972. 77p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz").

- POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos para citros. In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F.P. coord. *Citricultura brasileira*, Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.1, cap. 11, p.281-96.
- RECK, S.R. & PORTO, O. M. Porta-enxerto para Laranjeira Hamlin (*Citrus sinnsi* (L.) Osbeck) no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, Florianópolis, 1983. *Anais*. Florianópolis, *Sociedade Brasileira de Fruticultura, Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária*, 1984. p.657-62.
- REITZ, H.J. & STILES, W.C. Fertilization of high producing orchards. In: *DINAUER, R.C., ed. Changing patterns of fertilizer use. Madison, Soil Science Society of American*, 1968. p.353-78.
- RICHARDS, D.; GOUBRAN, F.H.; GARWOLI, W.N.; DALY, M.W. A machine for determining root length. *Plant and Soil*, The Hague, 52:69-76, 1979.
- ROBSON, A.D. & LONERAGAN, J.F. Sensitivity of annual *Medicago* species to manganese toxicity as affected by calcium and pH. *Australian Journal Agricultural Research*, East Melbourne, 21:223-32, 1970.



- ROBSON, A.D.; EDWARDS, D.G.; CONERAGAN, J.F. Calcium stimulation of phosphate absorption by annual legumes. *Australian Journal Agricultural Research, East*. Melbourne, 21:601-12. 1970.
- RODRIGUEZ.O.; INFORZATO, R.; TEÓFILO SOBRINHO, J. Estudo do sistema radicular de três porta-enxertos para citros em viveiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Cruz das Almas, 1(1):23-30. 1978.
- SALIBE, A.A. & MOREIRA, S. Porta-enxertos para Laranja Barão, *Citrus sinensis* L. Osbeck. *Ciências Cultura*, São Paulo, 20(2):250-1, 1968.
- SALIBE, A.A. Cultura dos citros. 3.ed. Recife, SUDENE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1974. 188p.
- SALIBE, A.A. Importância do porta-enxerto na citricultura. In: *ENCONTRO NACIONAL DE CITRICULTURA*, 5, Rio de Janeiro, 1978. Separata...Rio de Janeiro, 1978.
- SALIBE, A.A.; MOREIRA, C.S. Performance of Rangpur lime as rootstocks for citrus in Brazil. In: *INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 6., São Paulo, 1984. Proceedings. São Paulo, Inst. Society Citriculture, 1987. v.1, p.27-33.*
- SALIBE, A.A. Informação pessoal, 1990.

- SARRUGE, J.R. Soluções Nutritivas. *Summa Phytopatologica*, Piracicaba 1:231-3, 1975.
- SHANNON, L.M.; ZAPERIR, J. The relative influence of two citrus rootstocks species upon plant growth and upon the inorganic composition on the scion. *Proceeding American Society for Horticultural Science, Alexandria, Z1:257-64, 1958.*
- SMITH, P.F. Leaf analysis of citrus. In: *CHILDERS, N.F., ed. Fruit Nutrition*, New Brunswick, *Horticultural Publ. Rutgers*, 1969. 175p.
- SPEAR, S.N.; ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. Response of cassava, sun flower and maize to potassium concentration in solution. I. Growth and plant potassium concentration. *Field Crops Research*, Amsterdam, 1:347-61, 1978a.
- SPEAR, S.N.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. Response of cassava, sunflower and maize to potassium concentration in solution. II. Interaction between potassium, calcium and magnesium. *Field Crops Research*, Amsterdam, 1:375-89, 1978b.
- TEÓFILO SOBRINHO, J. Comportamento da Laranjeira Valência, (*Citrus sinensis*, L. Osbeck), sobre diferentes porta-

- enxertos. Piracicaba, 1972. 71p. (Doutorado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- VIETS, F.G., Jr. Calcium and other polyvalent cations as accelerator of ion accumulation by excised barley roots. *Plant Physiology*, Bethesda, 12:466-80. 1944.
- WALLIHAN, E.F. & GARDNER, M.J. Iron uptake by two citrus rootstocks species in relation to soil moisture and  $\text{CaCO}_3$ . *Agronomy Journal*, Madison, 40:50-2, 1968.
- WUTSCHER, H.K. The influence of medium heterogeneity and three rootstocks on growth and nutrient levels of greenhouse-grown "Valencia" orange trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Saint Joseph, 101(2):235-9, 1982.
- WUTSCHER, H.K. Induction of Citrus Blight Symptoms in 3-years-old "Hamlin" trees in solution culture. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, Winter Haven, 22:59-61, 1984.
- YOSHIDA, F. Inter-relationships between potassium and magnesium absorption by oats (*Avena sativa*, L.). Thesis State Agric. Univ. Wageningen, 1966.